

Engenharia Hidráulica e Sanitária



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

Engenharia Hidráulica e Sanitária



Helenton Carlos da Silva
(Organizador)

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Karine de Lima
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

Prof^a Dr^a 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^a Dr^a 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^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

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 Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
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 Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
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
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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	Engenharia hidráulica e sanitária [recurso eletrônico] / Organizador Helenton Carlos da Silva. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-895-3 DOI 10.22533/at.ed.953192312 1. Engenharia. 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 “*Engenharia Hidráulica e Sanitária*” publicada pela Atena Editora apresenta, em seus 18 capítulos, discussões de diversas abordagens acerca da engenharia sanitária e hidráulica brasileira, destacando-se a área ambiental.

Neste contexto, o diagnóstico ambiental pode ser uma importante ferramenta no controle e preservação do meio ambiente, sendo uma caracterização da qualidade ambiental da área estudada, fornecendo informações para identificar e avaliar impactos nos meios físico, biológico e socioeconômico.

É importante que, para que sejam sustentáveis, as áreas urbanas necessitem manter um equilíbrio entre as atividades econômicas, crescimento populacional, infraestrutura e serviços, poluição, desperdício, barulho, entre outros; de modo que o sistema urbano e suas dinâmicas se desenvolvam em harmonia, limitando internamente, tanto quanto possível, os impactos negativos sobre o ambiente natural.

Nesta linha, o saneamento básico pode ser compreendido como um componente necessário para promoção da saúde, principalmente para as populações em condição de vulnerabilidade social, tal qual em bairros populares e periféricos do meio urbano ou comunidades tradicionais do campo brasileiro.

Em razão do crescimento de áreas urbanas, houve um aumento excessivo na geração de resíduos, gerando uma série de problemas de ordem ambiental, econômica e social.

Neste sentido, este livro é dedicado aos trabalhos relacionados à engenharia hidráulica e sanitária brasileira, compreendendo as questões acerca do meio ambiente, como a gestão dos resíduos sólidos gerados, formas de tratamento da água, bem como a análise de políticas de desenvolvimento visando à preocupação com as questões ambientais. 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
MEDIDA PROVISÓRIA NO 868/2018: TENTATIVA DE DESCONSTRUÇÃO DA POLÍTICA PÚBLICA DE SANEAMENTO BÁSICO VIGENTE NO BRASIL	
Luiz Roberto Santos Moraes Patrícia Campos Borja	
DOI 10.22533/at.ed.9531923121	
CAPÍTULO 2	14
TECNOLOGIA APROPRIADA SOB A ÓTICA DA LEI 11.445/2007. UMA APLICAÇÃO NA COMUNIDADE RURAL SERRA DO BRAGA I – PB	
Elissandra Cheu Pereira do Nascimento Katharine Taveira de Brito Medeiros Bruno de Medeiros Souza Aluisio José Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.9531923122	
CAPÍTULO 3	27
POLÍTICA TARIFÁRIA E DESEMPENHO ECONÔMICO DAS EMPRESAS DE SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: ESTIMATIVAS DOS IMPACTOS REGULATÓRIOS – 1995-2016	
Cristiano Ponzoni Ghinis Adelar Fochezatto	
DOI 10.22533/at.ed.9531923123	
CAPÍTULO 4	41
IMPORTÂNCIA DA COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE OS TIPOS DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO PÚBLICO DE SANEAMENTO RURAL, A MATRIZ TECNOLÓGICA E O MODO DE VIDA CAMPONÊS	
Tássio Gabriel Ribeiro Lopes Luiz Roberto Santos Moraes	
DOI 10.22533/at.ed.9531923124	
CAPÍTULO 5	57
CONTRIBUIÇÕES PARA DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU	
Gabriel Figueiredo Pantuzza Silva Juliana Leal Henriques Hubert Mathias Peter Roeser	
DOI 10.22533/at.ed.9531923125	
CAPÍTULO 6	69
DEMONSTRAÇÃO DO PROCESSO DE CÁLCULO DE VAZÃO DE ÁGUA E DIMENSIONAMENTO DE BOMBA CENTRÍFUGA PARA OPERAÇÃO DE TORRES DE RESFRIAMENTO	
Wictor Gomes de Oliveira Lucas Rodrigues Oliveira Marcos Cláudio Gondim Lucas de Sousa Camelo Daniel Gerard Araújo Pinheiro Ferdinando Cícero Pontes de Queiroz João Paulo Correia Teixeira Stepherson Lopes Alcântara	
DOI 10.22533/at.ed.9531923126	

CAPÍTULO 7	79
DIAGNÓSTICO DA BALNEABILIDADE NAS PRAIAS DE ALAGOAS ENTRE O ANO DE 2015 E 2018	
Thomás Correia Lins	
Camila Acioli Marinho	
Joabe Gomes de Melo	
DOI 10.22533/at.ed.9531923127	
CAPÍTULO 8	93
POTABILIDADE DA ÁGUA: A PERCEPÇÃO DO MORADOR EM VITÓRIA	
Cibele Esmeralda Biondi Ferreira	
Fátima Maria Silva	
DOI 10.22533/at.ed.9531923128	
CAPÍTULO 9	105
PROPOSTA DE GESTÃO DE RISCO APLICÁVEL ÀS ETAPAS DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CONVENCIONAL – INSTRUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO, AVALIAÇÃO E RESPOSTAS AOS RISCOS	
Neusa Isabel Gomes dos Santos	
Arlindo Soares Räder	
Efraim Martins Araújo	
Elisabeth Ibi Frimm Krieger	
DOI 10.22533/at.ed.9531923129	
CAPÍTULO 10	119
OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DE ÁGUA BRUTA COM BAIXA TURBIDEZ UTILIZANDO TANINO E PAC	
Neusa Isabel Gomes dos Santos	
Arlindo Soares Räder	
DOI 10.22533/at.ed.95319231210	
CAPÍTULO 11	131
PERMEABILIDADE AO AR E A ÁGUA DE MISTURAS DE SOLO E COMPOSTO ORGÂNICO PARA CAMADAS DE COBERTURA OXIDATIVAS	
Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida	
Bruna Silveira Lira	
Guilherme José Correia Gomes	
Antônio Italcly de Oliveira Júnior	
Camila de Melo Tavares	
Maria Odete Holanda Mariano	
José Fernando Thomé Jucá	
DOI 10.22533/at.ed.95319231211	
CAPÍTULO 12	139
REMOÇÃO E CORRELAÇÃO DE MICROALGAS E SÓLIDOS EM SUSPENSOS DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO UTILIZANDO BIOFILTRO	
Moisés Andrade de Farias Queiroz	
Jonatan Onis Pessoa	
Alex Pinheiro Feitosa	
Eduardo Cristiano Vieira Gurgel	
Layane Priscila de Azevedo Silva	
DOI 10.22533/at.ed.95319231212	

CAPÍTULO 13	147
MONITORAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE <i>RHIZOPHORA MANGLE</i> L. EM VIVEIRO DE CRIAÇÃO NA LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO – RJ	
Carlos Augusto Kinder Marcia Sena da Silva Anderson de Carvalho Borges Ricardo Finotti	
DOI 10.22533/at.ed.95319231213	
CAPÍTULO 14	160
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA INDÚSTRIA GRÁFICA COM ENFOQUE EM PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L): ESTUDO DE CASO NO ESPIRITO SANTO	
Paulo Vitor Reis Kaminice Gilson Silva Filho Rosane Hein de Campos Edison Thaddeu Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.95319231214	
CAPÍTULO 15	170
PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROYECCIÓN A LO APLICABLE	
Jessica Cecilia Chocho	
DOI 10.22533/at.ed.95319231215	
CAPÍTULO 16	177
POSSIBILIDADES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL	
Manoel Thiago Nogueira da Silva Dantas Monica Maria Pereira da Silva Valderi Duarte Leite	
DOI 10.22533/at.ed.95319231216	
CAPÍTULO 17	190
COMPORTAMENTO DE EMPREENDEDORES DA FEIRA DOS GOIANOS QUANTO AO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA	
Graziela Ferreira Guarda Luiz Fernando Whitaker Kitajima Beatriz Rodrigues de Barcelos	
DOI 10.22533/at.ed.95319231217	
CAPÍTULO 18	200
MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA) FOR DAM'S RISK CLASSIFICATION	
Julierme Siriano da Silva Fernan Enrique Vergara Figueroa Rui da Silva Andrade Roberta Mara de Oliveira Bárbara Suelma Souza Costa Fabiano Fagundes	
DOI 10.22533/at.ed.95319231218	
SOBRE O ORGANIZADOR	217
ÍNDICE REMISSIVO	218

OTIMIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO DE ÁGUA BRUTA COM BAIXA TURBIDEZ UTILIZANDO TANINO E PAC

Neusa Isabel Gomes dos Santos

Universidade Luterana do Brasil (ULBRA),
Química, Canoas - RS.

Arlindo Soares Räder

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Porto Alegre - RS.

RESUMO: Os prestadores de serviços de água devem considerar os desafios locais existentes em uma região (Bacia Hidrográfica) e que associados às especificações técnicas das operações unitárias do processo podem afetar os indicadores de desempenho da qualidade da água tratada de uma ETA. O objetivo do presente trabalho é realizar uma proposta de otimização das condições de coagulação/floculação do processo de tratamento de água convencional, com a aplicação de tanino e PAC em amostras de água bruta com turbidez baixa. Os resultados identificados em todos os ensaios, para turbidez da água filtrada, estão abaixo de 0,5 uT e em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Adicionalmente, os testes demonstraram um percentual de remoção médio da turbidez da água filtrada em 99,38%, com a aplicação do tanino como coagulante principal e um percentual médio de remoção de 99,42% quando foi utilizado o PAC

como coagulante principal. A remoção média da turbidez da água decantada foi de 95,44% para ambos os produtos. Conclui-se que os ensaios de tratabilidade, em escala laboratorial, realizados nesse estudo contribuem para a melhoria contínua de um processo de tratamento de água convencional possibilitando a distribuição de água potável de qualidade para a população de uma determinada região.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaios de Tratabilidade; ETA; Tratamento de Água Convencional; Otimização.

OPTIMIZATION OF RAW WATER COAGULATION AND FLOCCULATION CONDITIONS WITH LOW TURBIDITY USING TANINO AND PAC

ABSTRACT: Water service providers should consider the local challenges that exist in a region (Watershed) and that associated with the technical specifications of unit process operations may affect the treated water quality performance indicators of an ETA. The objective of the present work is to make a proposal to optimize the coagulation / flocculation conditions of the conventional water treatment process, with the application of tannin and PAC in low turbidity raw water samples. The results identified in all tests for filtered water turbidity are below 0.5uT and in accordance with Annex XX of the Ministry of Health Consolidation Ordinance No.

05 (BRAZIL, 2017). In addition, the tests showed an average removal rate of 99.38% turbidity from filtered water, with the application of tannin as the main coagulant and an average removal rate of 99.42% when PAC was used as the primary coagulant. The average removal of decanted water turbidity was 95.44% for both products. It can be concluded that the laboratory scale treatability tests performed in this study contribute to the continuous improvement of a conventional water treatment process, enabling the distribution of quality drinking water to the population of a given region.

KEYWORDS: Treatability Tests; ETA; Conventional Water Treatment; Optimization.

1 | INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

A problemática da água atinge níveis globais, destacando-se como desafio mundial a gestão dos recursos hídricos, a distribuição de água potável e o esgotamento sanitário para que a população possa ter acesso ao saneamento básico de forma universal e integral. Para esta pesquisa, é necessário verificar os desafios locais existentes para que a prestação dos serviços de água potável, que é um dos componentes do conjunto de serviços de saneamento básico, seja eficiente, seguro e suficiente para os habitantes de uma determinada região. A área de estudo desta pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos, situada no Estado do Rio Grande do Sul, especificamente o trecho pertencente ao Baixo Sinos. Porção essa do Rio dos Sinos que serve, simultaneamente, de manancial abastecedor de autarquias e companhias de saneamento e indústrias em geral, bem como de corpo hídrico receptor de efluentes (domésticos e industriais) para uma grande variedade de municípios. Considerando estudo publicado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM, 2010), o trecho do Rio dos Sinos localizado na região metropolitana de Porto Alegre reúne características que permite classificá-lo como pertencente à classe 3 e 4 de acordo com a Resolução n.º 357 (CONAMA, 2005), dependendo do parâmetro de qualidade da água a ser considerado e analisado. Adicionalmente ao impacto antrópico causado pelo despejo de efluentes sanitários e industriais em suas águas sem o tratamento adequado, conforme supramencionado, esta região está sujeita às influências de eventos extremos do clima, tais como secas e inundações. Esses fatores, considerando os usos múltiplos da água, conforme a Lei n.º 9.433 (BRASIL, 1997), quando não devidamente avaliados e planejados, podem se tornar problemáticos para os recursos hídricos deste trecho da bacia. Ressalta-se que, de acordo a Lei n.º 9.433 (BRASIL, 1997), em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais e que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. Todos esses fatores mencionados (impacto antrópico, eventos extremos do clima – secas e inundações) fazem parte das informações de contexto externas a uma Estação de Tratamento de Água (ETA), que agregados às variáveis específicas inerentes às operações e processos unitários de coagulação e floculação de uma ETA podem apresentar influências, muitas vezes adversas, sobre o indicador de desempenho de

qualidade da água tratada nesta ETA. Dentro desse panorama, percebe-se claramente quão complexa é a tarefa de otimização de um processo, especificamente otimizar as dosagens de produtos químicos utilizados nas etapas de coagulação e floculação de uma ETA, responsável por produzir água potável com qualidade, segurança e em quantidade suficiente para o consumo humano. O objetivo do presente trabalho é realizar uma proposta de otimização do processo de tratamento de água, em termos de dosagens de produtos químicos, nas etapas de coagulação/floculação, destinado ao consumo humano. Para a realização dos ensaios de tratabilidade desta pesquisa, em escala laboratorial, foram utilizados dois produtos químicos: tanino e PAC, considerando uma amostra de água bruta com turbidez baixa. Os resultados serão analisados por meio do parâmetro turbidez das águas decantada e filtrada.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A Estação de Tratamento de Água (ETA) de Novo Hamburgo, cidade pertencente ao Estado do Rio Grande do Sul, é do tipo convencional completa, sendo composta pelas etapas de coagulação/floculação, decantação, filtração, desinfecção e fluoretação. Após o tratamento, a água tratada é reservada e distribuída à população da cidade pela rede de distribuição e reservatórios. A metodologia empregada para a realização desta pesquisa está baseada nos ensaios de tratabilidade realizados em reatores estáticos que possibilitam a simulação do processo de tratamento de água convencional, em escala laboratorial. O equipamento utilizado para a realização destes ensaios é denominado de testes dos jarros ou jar test. Esta metodologia contemplou uma série de testes, onde foram alterados os seguintes fatores: concentração do coagulante, concentração do auxiliar de floculação, o tempo de mistura lenta, a velocidade de floculação e o tempo de adição do auxiliar de floculação, considerando uma amostra de água bruta com turbidez baixa. Para a realização do procedimento foi utilizado o equipamento denominado teste dos jarros mantendo, na mistura rápida, um tempo de 1 minuto e velocidade de 150 rpm (para todos os testes). Na etapa de floculação, foram testados os tempos de 20, 30 e 40 minutos, bem como as velocidades de 30, 50 e 70 rpm. Esses parâmetros estão em conformidade com a Norma NBR 12.216 (ABNT, 1992). Os tempos de adição do floculante avaliados foram de 1, 5 e 10 minutos. Os testes alterando tempo, velocidade e tempo de adição do floculante foram realizados em duplicata. Em relação aos parâmetros químicos (concentração do coagulante e concentração do auxiliar de floculação), foram aplicados dosagens diferenciadas, variando entre 20 a 45 ppm e 0 a 10 ppm, respectivamente. Para todos os testes, o tempo de decantação empregado foi de 20 minutos. Os ensaios foram realizados utilizando-se o tanino como coagulante principal e PAC como auxiliar de floculação e, posteriormente, foram feitos ensaios invertendo-se essa ordem, ou seja, aplicando-se PAC como coagulante principal e tanino como auxiliar de floculação. Formalmente, foram realizados cinco ensaios com o tanino como coagulante principal e cinco ensaios

com PAC como coagulante principal, totalizando dez ensaios para serem analisados. A hipótese é que se obtenham resultados satisfatórios para a turbidez das águas decantada e filtrada ao final das simulações realizadas.

2.1 Programação do Equipamento de Jar Test

A programação do equipamento de jar test contemplou: o tempo de agitação e velocidade de mistura rápida, o tempo de detenção e a velocidade de floculação (mistura lenta) e o tempo de decantação. Essa programação foi realizada conforme as instruções do manual do equipamento e considerou a conversão do gradiente de velocidade em velocidade de rotação (RPM), de acordo com a curva de gradiente de velocidade versus velocidade de rotação, para evitar erros de velocidade de floculação durante o ensaio e que podem afetar os resultados, caso sejam aplicados na planta posteriormente.

2.2 Concentração das Soluções dos Produtos Químicos

Para a realização dos ensaios de tratabilidade, em escala laboratorial, foi preparada uma solução de policloreto de alumínio a 2% e uma solução de tanino a 2%.

2.3 Coleta das Amostras

As amostras de água bruta utilizadas nesta pesquisa foram coletadas diretamente nos copos do equipamento denominado jar test, em ponto de coleta de amostras existente dentro do laboratório da ETA. Os dados dos parâmetros das amostras de água bruta para cada teste estão disponibilizados nos resultados desta pesquisa (Tabelas 2 e 10).

2.4 Realização dos Ensaios de Tratabilidade

Os ensaios de tratabilidade, em escala laboratorial, foram realizados com a utilização do equipamento denominado teste dos jarros, composto por seis copos de geometria quadrada com capacidade para dois litros cada e dotado de agitador individual por copo. Os ensaios foram realizados conforme segue:

- a) foi realizada a coleta da amostra de água bruta diretamente para dentro de cada copo do aparelho, no ponto de coleta existente dentro do laboratório;
- b) na sequência, ajustou-se o volume da amostra no recipiente, de acordo com o volume de 2 litros;
- c) realizaram-se as análises da água bruta com uma amostra coletada no mesmo horário da coleta das amostras dos copos;
- d) verificou-se a programação do equipamento para o teste, que deve ter especificações para tempo e velocidade de agitação para a mistura rápida, tempo de mistura lenta e velocidade de floculação e tempo de decantação;

- e) mediu-se o volume especificado de solução de coagulante, conforme a concentração definida para cada copo do aparelho e foi feita a adição destas concentrações nos copos, antes do início do teste. Para cada 1ppm de concentração de coagulante, mediu-se 0,1mL da solução do respectivo coagulante a ser dosado;
- f) iniciou-se o teste, primeiramente, por 1 minuto com velocidade de 150 rpm (mistura rápida). Em seguida, a velocidade foi reduzida para 50 rpm para se efetuar o processo de floculação. Adicionou-se o volume adequado de auxiliar de floculação, de acordo com o tempo especificado para cada ensaio;
- g) ao término do período de floculação, as amostras permaneceram em repouso para decantar por 20 minutos;
- h) ao final da decantação foi realizada uma coleta de amostra de cada copo da água decantada para análise de turbidez e cor aparente da água decantada;
- i) foram realizadas novas coletas das amostra da água decantada de cada copo para a realização da filtração (em funil com algodão) e posterior análise de turbidez da água filtrada;
- j) todos os resultados foram registrados em planilha específica;
- k) ao final dos ensaios, os copos do equipamento foram lavados e o aparelho desligado.

3 | RESULTADOS/DISCUSSÃO

Nesta seção estão disponibilizados os dados de identificação, os resultados das análises físico-químicas da água bruta e os resultados dos ensaios de tratabilidade realizados com os coagulantes tanino e PAC.

3.1 Ensaios realizados com o uso do tanino como coagulante principal

A Tabela 1 explicita a identificação dos ensaios de 1 a 5, realizados com o coagulante tanino.

Identificação do Ensaio	Data	Horário/Coleta	Objetivo do Ensaio
Ensaio de Tratabilidade1	22/12/18	19h30min.	Definir dosagem de coagulante
Ensaio de Tratabilidade2	23/12/18	01h45min.	Definir dosagem de floculante
Ensaio de Tratabilidade3	24/12/18	20h45min.	Definir tempo de adição do floculante
Ensaio de Tratabilidade4	27/12/18	01 hora	Definir tempo de mistura lenta
Ensaio de Tratabilidade5	28/12/18	19h45min.	Definir velocidade de floculação

Tabela 1: Identificação dos Dados dos Ensaio de Tratabilidade – 1 a 5 – Coagulante tanino.

A Tabela 2 mostra os resultados das análises da água bruta para os ensaios de 1 a 5.

Natureza da Análise	Parâmetro	Unidade	Resultados				
			Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5
Físico-Química	Turbidez	uT	33,4	35,1	29,0	17,2	16,6
Físico-Química	Cor aparente	uH	107	111	104	67	64
Físico-Química	Condutividade elétrica	$\mu\text{s/cm}$	73,1	70,5	70,0	75,0	73,8
Físico-Química	pH	-	6,82	6,88	6,85	6,90	6,68

Tabela 2: Resultados das Análises Físico-Químicas da Água Bruta – Ensaio de 1 a 5.

A Tabela 3 exibe os resultados do ensaio de tratabilidade 1.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/tanino (ppm)	20	25	30	35	40	45
Concentração de Floculante/PAC (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	26,4	13,7	5,98	2,16	1,25	1,19
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	85	44	21	13	7	8
Turbidez da Água Filtrada (uT)	13,1	5,79	1,80	0,44	0,12	0,10

Tabela 3 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 1:

A Tabela 4 explicita os resultados do ensaio de tratabilidade 2.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/tanino (ppm)	40	40	40	40	40	40
Concentração de Floculante/PAC (ppm)	0	2	4	6	8	10
Turbidez da Água Decantada (uT)	4,82	3,14	1,90	1,26	1,35	1,71
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	20	17	9	8	6	3
Turbidez da Água Filtrada (uT)	2,03	0,57	0,22	0,13	0,15	0,17

Tabela 4 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 2:

A Tabela 5 disponibiliza os resultados do ensaio de tratabilidade 3.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Flocculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Flocculante (minutos)	1	1	5	5	10	10
Concentração de Coagulante/tanino (ppm)	40	40	40	40	40	40
Concentração de Flocculante/PAC (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	1,48	1,69	1,26	1,12	1,46	1,35
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	7	8	6	7	4	7
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,20	0,22	0,17	0,16	0,15	0,13

Tabela 5 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 3:

A Tabela 6 mostra os resultados do ensaio de tratabilidade 4.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	30	30	40	40
Velocidade de Flocculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Flocculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/tanino (ppm)		40	40		40	40
	40			40		
Concentração de Flocculante/PAC (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	1,52	1,71	1,08	1,15	0,79	1,11
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	8	7	4	3	5	6
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,13	0,10	0,12	0,12	0,13	0,13

Tabela 6 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 4:

A Tabela 7 exhibe os resultados do ensaio de tratabilidade 5.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Flocculação (RPM)	30	30	50	50	70	70
Tempo de Adição/ Flocculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/tanino (ppm)	40	40	40	40	40	40
Concentração de Flocculante/PAC (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	1,22	1,18	0,87	0,97	1,21	1,14
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	7	6	8	7	7	5
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,13	0,12	0,15	0,15	0,14	0,18

Tabela 7 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 5:

A Tabela 8 indica o percentual de remoção da turbidez das águas decantada e filtrada obtido nos ensaios de 1 a 5.

Ensaio	Turbidez Água bruta (uT)	Conc. Tanino (ppm)	Conc. PAC (ppm)	Turbidez Água Decantada (uT)	% de Remoção (Turbidez Decantada)	Turbidez da Água Filtrada (uT)	% de Remoção (Turbidez Filtrada)
1	33,4	40	6	1,25	96,3%	0,12	99,6%
2	35,1	40	6	1,26	96,4%	0,13	99,6%
3	29,0	40	6	1,12	96,1%	0,16	99,4%
4	17,2	40	6	1,08	93,7%	0,12	99,3%
5	16,6	40	6	0,87	94,7%	0,15	99,0%

Tabela 8: Percentual de Remoção da Turbidez das Águas Decantada e Filtrada – Ensaio de 1 a 5:

3.2 Ensaio realizado com o uso do PAC como coagulante principal

A Tabela 9 explicita a identificação dos ensaios de 6 a 10, realizados com o coagulante PAC.

Identificação do Ensaio	Data	Horário/Coleta	Objetivo do Ensaio
Ensaio de Tratabilidade 6	23/12/18	00h30min.	Definir dosagem de coagulante
Ensaio de Tratabilidade 7	23/12/18	03horas	Definir dosagem de floculante
Ensaio de Tratabilidade 8	26/12/18	19h45min.	Definir tempo de adição do floculante
Ensaio de Tratabilidade 9	27/12/18	01h30min.	Definir tempo de mistura lenta
Ensaio de Tratabilidade 10	29/12/18	00h45min.	Definir velocidade de floculação

Tabela 9: Identificação dos Dados dos Ensaio de Tratabilidade – 6 a 10 – Coagulante PAC.

A Tabela 10 mostra os resultados das análises da água bruta para os ensaios de 6 a 10.

Natureza da Análise	Parâmetro	Unidade	Resultados				
			Ensaio 6	Ensaio 7	Ensaio 8	Ensaio 9	Ensaio 10
Físico-Química	Turbidez	uT	31,7	39,8	18,4	16,9	17,0
Físico-Química	Cor aparente	uH	106	121	67	67	67
Físico-Química	Condutividade elétrica	$\mu\text{s/cm}$	70,8	70,3	74,2	75,1	73
Físico-Química	pH	-	6,85	6,80	6,83	6,88	6,70

Tabela 10: Resultados das Análises Físico-Químicas da Água Bruta - Ensaio de 6 a 10

A Tabela 11 exibe os resultados do ensaio de tratabilidade 6.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50

Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/PAC (ppm)	20	25	30	35	40	45
Concentração de Floculante/tanino (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	3,71	1,47	1,31	1,23	1,14	1,05
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	14	7	6	5	5	7
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,56	0,10	0,17	0,11	0,10	0,12

Tabela 11 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 6:

A Tabela 12 explicita os resultados do ensaio de tratabilidade 7.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/PAC (ppm)	25	25	25	25	25	25
Concentração de Floculante/tanino (ppm)	0	2	4	6	8	10
Turbidez da Água Decantada (uT)	3,68	2,55	3,09	1,32	0,86	0,88
Cor aparente da Água Decantada (uH)	14	11	11	8	4	7
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,51	0,26	0,22	0,11	0,11	0,09

Tabela 12 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 7:

A Tabela 13 disponibiliza os resultados do ensaio de tratabilidade 8.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	1	1	5	5	10	10
Concentração de Coagulante/PAC (ppm)	25	25	25	25	25	25
Concentração de Floculante/tanino (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	1,32	1,51	1,45	1,20	1,56	1,47
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	10	7	5	6	10	10
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,17	0,15	0,14	0,17	0,24	0,19

Tabela 13 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 8:

A Tabela 14 mostra os resultados do ensaio de tratabilidade 9.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	30	30	40	40
Velocidade de Floculação (RPM)	50	50	50	50	50	50
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/PAC (ppm)	25	25	25	25	25	25
Concentração de Floculante/tanino (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	0,99	1,09	0,90	0,96	0,63	0,60
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	4	3	7	7	4	3
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,10	0,15	0,11	0,09	0,11	0,12

Tabela 14 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 9:

A Tabela 15 exibe os resultados do ensaio de tratabilidade 10.

Copos	01	02	03	04	05	06
Tempo de Mistura Lenta (minutos)	20	20	20	20	20	20
Velocidade de Floculação (RPM)	30	30	50	50	70	70
Tempo de Adição/ Floculante (minutos)	5	5	5	5	5	5
Concentração de Coagulante/PAC (ppm)	25	25	25	25	25	25
Concentração de Floculante/tanino (ppm)	6	6	6	6	6	6
Turbidez da Água Decantada (uT)	1,20	1,32	0,80	0,82	1,48	1,18
Cor Aparente da Água Decantada (uH)	7	10	6	6	5	3
Turbidez da Água Filtrada (uT)	0,17	0,17	0,14	0,11	0,29	0,13

Tabela 15 – Resultados do Ensaio de Tratabilidade 10:

A Tabela 16 demonstra o percentual de remoção da turbidez das águas decantada e filtrada dos ensaios de 6 a 10.

Ensaio	Turbidez Água bruta (uT)	Conc. Tanino (ppm)	Conc. PAC (ppm)	Turbidez Água Decantada (uT)	% de Remoção (Turbidez Decantada)	Turbidez da Água Filtrada (uT)	% de Remoção (Turbidez Filtrada)
6	31,7	25	6	1,47	95,4%	0,10	99,7%
7	39,8	25	6	1,32	96,7%	0,11	99,7%
8	18,4	25	6	1,20	93,5%	0,14	99,0%
9	16,9	25	6	0,60	96,4%	0,12	99,3%
10	17,0	25	6	0,82	95,2%	0,11	99,4%

Tabela 16: Percentual de Remoção da Turbidez das Águas Decantada e Filtrada – Ensaio de 6 a 10:

Os resultados para turbidez da água filtrada, identificados em todos os ensaios, estão em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) por estarem abaixo de 0,5 uT. Os testes demonstraram um percentual de remoção médio da turbidez da água filtrada em 99,38%, quando foi aplicado tanino como coagulante principal e um percentual médio de remoção de 99,42% quando foi utilizado o PAC como coagulante principal. A remoção média da turbidez da água decantada foi de 95,44% para ambos os produtos. De acordo com Libânio (2016), recomenda-se turbidez máxima de água decantada de 2,0 uT para água bruta com turbidez superior a 10 uT. Conforme Richter (2017), na etapa de desinfecção, a inativação de vírus é mais eficaz quanto menor for a turbidez da água filtrada, sendo que esta tenha, preferencialmente, turbidez abaixo de 0,2 uT. Outro estudo realizado por Lacerda et., al (2018) com a aplicação de PAC como coagulante principal e tanino como auxiliar de floculação em uma ETA, indicou que a etapa de clarificação em uma ETA convencional é a principal responsável pela remoção microbiológica da água.

Segundo Räder (2015), a utilização de tanino como coagulante numa ETA de ciclo completo também resultou em uma remoção de cor e turbidez da água bruta em um percentual de 98,8%, o que mostra que o tanino é um coagulante viável para o tratamento de água. Também de acordo com Rôla et., al (2016), o estudo realizado com o uso de tanino e PAC indicou uma remoção de turbidez da água bruta superior a 90%.

A concentração adequada de tanino como coagulante principal, neste trabalho, foi de 40 ppm, enquanto que para o PAC como coagulante principal a concentração adequada foi de 25 ppm. A concentração ideal de auxiliar de floculação foi de 6 ppm para ambos os produtos. Em relação ao tempo de adição do floculante, identificou-se que os melhores resultados foram obtidos quando o auxiliar de floculação foi adicionado após 5 minutos para ambos os produtos (tanino e PAC). A melhor velocidade de floculação foi de 50 rpm tanto para o PAC quanto para o tanino e o tempo de mistura lenta foi de 30 minutos quando foi aplicado tanino como coagulante principal e de 40 minutos quando foi utilizado PAC como coagulante principal.

De acordo com Rôla et., al (2016), os ensaios de tratabilidade, em escala laboratorial, são ferramentas válidas e de fundamental importância para se definir os parâmetros de coagulação, floculação e decantação de um processo de tratamento de água convencional, conforme demonstrado também nos resultados desse estudo.

4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que a otimização das condições de coagulação e floculação com os produtos químicos tanino e PAC aplicados como coagulantes principais é eficiente, pois apresentou resultados satisfatórios tanto para a remoção da turbidez da água decantada quanto para a remoção da turbidez da água filtrada, demonstrando que os dois produtos químicos utilizados como coagulantes principais (tanino e PAC) reproduzem resultados em conformidade com o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Adicionalmente, observou-se que para se obter os mesmos resultados (otimizados), utilizando-se os dois produtos diferentes, deve-se considerar que o coagulante tanino requer uma maior concentração, quando comparado com os resultados obtidos com a aplicação do coagulante PAC, nesse caso para água bruta com turbidez baixa. Outra diferença observada entre a aplicação dos dois produtos como coagulantes principais foi no tempo de mistura lenta, que indicou que o tanino requer um tempo de mistura lenta menor quando comparado com o PAC. Os ensaios de tratabilidade, em escala laboratorial, realizados nesse estudo contribuem para a melhoria contínua de um processo de tratamento de água convencional possibilitando a distribuição de água potável de qualidade para a população, pois essa metodologia considerou os parâmetros hidráulicos abordados na Norma NBR 12.216 (ABNT, 1992) associados aos parâmetros químicos de concentração de coagulante e de auxiliar de floculação.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12.216**. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1992.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 05/2017**. Brasília, 2017.
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução 357**, de 17 de março de 2005. Brasília: Conama, 2005.
- FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ESTADO DO RIO GRANDE SUL, RS, 2010. **Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp>.
- LACERDA, A. B.; RÄDER, A. S.; LOPES, E. S. **A eficiência de remoção de coliformes em uma estação de tratamento de água convencional**. Apresentação de Trabalho. In: 48° CONGRESSO NACIONAL DA ASSEMAE, Fortaleza, CE, 2018.
- LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 4. ed. rev. ampl. Campinas, SP: Átomo, 2016.
- POLICONTROL. **Manual Floc Control IV – 10 a 300rpm**. São Paulo, 2009.
- RÄDER, A. S. **Avaliação do uso de coagulante orgânico no tratamento de água potável para abastecimento público**. Apresentação de Trabalho. In: 28° CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Rio de Janeiro, RJ, 2015.
- RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 2017.
- RÔLA, A. K. K.; CASTRO, G. M.; SANTANA, H. F.; SOUZA, J. J. L. L.; SILVA, D. J. **Avaliação da eficiência de coagulantes comerciais para aplicação em sistemas de tratamento de água**. Revista de Engenharia Química e Química. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2016. ISSN 2446-9416. Vol. 02 N. 03 (2016) 014–033.
- SANTOS, N. I. G. **Projeto de otimização de dosagens de produtos químicos nas etapas de coagulação e floculação do processo de tratamento de água convencional e uma proposta de gestão de risco destas etapas do processo**. Porto Alegre, RS, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE – Campus Fortaleza. Disponível em: https://drive.google.com/drive/folders/1Yv_QAy7VLdw3yjh-6geN0rFMGo-p1lqM?usp=sharing

PERMEABILIDADE AO AR E A ÁGUA DE MISTURAS DE SOLO E COMPOSTO ORGÂNICO PARA CAMADAS DE COBERTURA OXIDATIVAS

Alice Jadneiza Guilherme de Albuquerque Almeida

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

Bruna Silveira Lira

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

Guilherme José Correia Gomes

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

Antônio Italcy de Oliveira Júnior

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

Camila de Melo Tavares

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

Maria Odete Holanda Mariano

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

José Fernando Thomé Jucá

GRS - Grupo de Resíduos Sólidos / UFPE
Recife – Pernambuco

RESUMO: A emissão descontrolada dos gases produzidos em aterros sanitários é uma das maiores problemáticas de poluição local e global. A fim de minimizar tais impactos, torna-se necessário que aterros disponham de uma camada de cobertura eficiente, capaz de impossibilitar a passagem dos gases produzidos

no local para a atmosfera, além de garantir que líquidos provenientes das precipitações não percolem no aterro e, conseqüentemente, gerem mais lixiviados para serem tratados. Atualmente o uso de camadas de cobertura alternativas em aterros sanitários vem se intensificando. Entre as camadas utilizadas existem as camadas oxidativas, que utilizam uma mistura de solo com composto orgânico para melhorar a oxidação dos gases gerados, bem como auxiliar na retenção dos líquidos provenientes das chuvas. O principal objetivo deste trabalho é o estudo da permeabilidade ao ar e a água das misturas de solo com composto orgânico em diferentes proporções de forma a determinar os fluxos de gases e líquidos. A permeabilidade ao ar e à água determinada em permeâmetro de parede flexível modelo Tri-flex 2 da Soil Test – ELE, foram usadas misturas na proporções de 2:1 (solo:composto) e 1:1 (solo:composto). Com base nos resultados, a permeabilidade ao ar e à água permaneceu na magnitude de 10^{-8} a 10^{-9} m s⁻¹, o que é ideal para assegurar que a percolação seja baixa impedindo a infiltração de água, bem como a emissão de gases.

PALAVRAS-CHAVE: Camadas de cobertura, camada oxidativa, permeabilidade.

AIR AND WATER PERMEABILITY OF SOIL AND ORGANIC COMPOUND MIXTURES FOR OXIDATIVE COVER LAYERS

ABSTRACT: The uncontrolled emissions of gases produced by landfills are one of the major local and global pollution problems. In order to minimize the impacts caused by the gas emissions, it is necessary that the landfills are provided with an efficient cover layer, in addition to hampering the escape of the gases produced in the location to the atmosphere, it will also guarantee that the liquids originated from the precipitations do not percolate in the landfill, and consequently generate more leachate to be treated. Nowadays the use of alternative cover layers in landfills has been intensifying. Among the cover layers used, there are the oxidative layers, which use a mixture of soil and organic compound to improve the oxidation of the generated gases, as well as assist in the retention of the liquids originated from the rain. The aim of this work will be the study of the air and water permeability of soil and organic compound mixtures in different proportions in order to determinate the gas and liquid flux in oxidative cover layers. The air and water permeability were determined in a flexible-wall permeameter model Tri-flex 2 from Soil Test – ELE, the proportions used in the mixtures were 2:1(soil:compound) and 1:1(soil:compound). Based on the results the air and water permeability remained in the 10^{-8} to 10^{-9} m s⁻¹ magnitude, which is ideal to ensure that percolation is low preventing the infiltration of water as well as the emission of gases.

KEYWORDS: Cover layers, oxidative layer, permeability.

1 | INTRODUÇÃO

Devido ao crescimento de áreas urbanas, houve um aumento excessivo na geração de resíduos, gerando uma série de problemas de ordem ambiental, econômica e social. Uma das ações tomadas com o objetivo de diminuir os problemas é a instalação de aterros sanitários. Nos aterros sanitários existe uma grande emissão de gases poluentes e pessoas que vivem próximas às instalações dos aterros são as mais afetadas, pois são continuamente expostas a maus odores e componentes tóxicos presentes no biogás, podendo até ocasionar o desenvolvimento de doenças.

No âmbito global, o lançamento de biogás na atmosfera é uma das formas de maior causa e contribuição para o aquecimento global. A fim de minimizar tais impactos, torna-se necessário que aterros disponham de uma camada de cobertura eficiente, capaz de impossibilitar a passagem dos gases produzidos no local para a atmosfera, além de garantir que líquidos provenientes das precipitações não percolem no aterro e, conseqüentemente, gerem mais lixiviados para serem tratados.

Atualmente o uso de camadas de cobertura alternativas em aterros sanitários vem se intensificando. Entre as camadas utilizadas destacam-se as camadas oxidativas, que utilizam uma mistura de solo com composto orgânico para melhorar a oxidação dos gases gerados, bem como auxiliar na retenção dos líquidos provenientes das chuvas. O composto orgânico utilizado é derivado de material estabilizado de leiras

de compostagem (que geralmente se destinam a adubos ou mesmo ao descarte em aterros). De forma a simular os fluxos de gases e líquidos nas camadas de cobertura de aterros sanitários este trabalho visa o estudo da permeabilidade ao ar e a água das misturas de solo com composto orgânico proveniente da compostagem em diferentes proporções. A permeabilidade ao ar e à água foi determinada em permeâmetro de parede flexível modelo Tri-flex 2 da Soil Test – ELE, foram usadas misturas na proporções de 2:1 (solo:composto) e 1:1 (solo:composto).

2 | OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é o estudo da permeabilidade ao ar e à água das misturas de solo com composto orgânico em diferentes proporções de forma a simular os fluxos de gases e líquidos nas camadas de cobertura de aterros sanitários.

3 | METODOLOGIA

3.1 Ensaios de Permeabilidade Vertical

Para execução dos ensaios de permeabilidade vertical à água e ao ar foram moldados corpos de prova com o solo que será utilizado nas camadas de cobertura, nas proporções de 1:1 e 2:1 de solo composto. Ambos os corpos de prova foram compactados com energia de um Proctor Normal, com massa específica seca máxima, umidade ótima e formato cilíndrico com as seguintes dimensões: $H = 12,7$ cm; $D = 10$ cm e $A = 78,54$ cm². Para realização do ensaio de permeabilidade à água foi tida como base a norma ASTM D5084-10 (ASTM, 2010) e foi utilizado o permeâmetro de parede flexível modelo Tri-flex 2 da Soil Test – ELE com algumas adaptações feitas por Maciel (2003), Mariano (2008) e Costa (2015). A figura 1 ilustra o equipamento utilizado neste ensaio.



Figura 1 - Tri-flex 2 da Soil Test – ELE

Para o ensaio de permeabilidade ao ar também foi utilizado o modelo Tri-flex 2 da Soil Test – ELE com as adaptações propostas por Maciel (2003), que dentre elas, inclui a colocação de um rotâmetro na saída do corpo de prova, Figura 2, a fim de fazer a medição da vazão do fluido percolado, que neste caso é ar comprimido. Os corpos de prova utilizados e a metodologia aplicada foram os mesmos utilizados no ensaio de permeabilidade à água, diferindo apenas no tipo de fluido utilizado no processo, que neste caso foi ar comprimido.

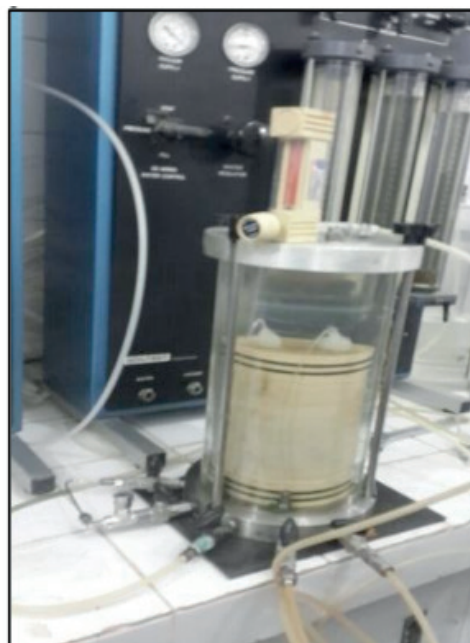


Figura 2 - Câmara de Fluxo com rotâmetro

3.2 Ensaio de Permeabilidade Horizontal

A metodologia aplicada para a realização do ensaio de permeabilidade horizontal é semelhante ao método aplicado para os ensaios de permeabilidade vertical, deferindo apenas no modo como o corpo de prova é executado. Neste tipo de ensaio o corpo de prova que foi obtido através do ensaio de Proctor Normal é moldado de forma que o fluxo que estará passando de forma vertical na verdade é a parte horizontal do solo. Por ter esta característica a amostra possui as seguintes dimensões: H= 10 cm; D=10 cm. Este ensaio foi realizado apenas para a proporção de 1:1 de solo composto.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Ensaio de Permeabilidade Vertical

4.1.1 Permeabilidade ao ar

Para determinar a permeabilidade ao ar da mistura utilizada para fazer a camada de cobertura, foram moldados dois corpos de prova nas proporções de 1:1 e de 2:1 de solo composto, ambas as amostras foram moldadas com energia de um Proctor Normal na umidade ótima. A trajetória dos ensaios se deu por meio do processo de secagem das amostras e a verificação do coeficiente de permeabilidade correspondente à umidade da amostra. Tendo a validação da Lei de Darcy para fluxos compressíveis foi possível calcular a permeabilidade ao ar das misturas por meio da Equação 1.

$$K_{ar} = \frac{q L}{A \Delta p} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

K_{ar} = permeabilidade ao ar (m h⁻¹) q = vazão (N m³ s⁻¹)

A = área (m²)

L = comprimento da amostra (m)

Δp = gradiente de pressão (m), considerando $\gamma_{ar} = 0,012 \text{ kN m}^{-3}$

A Figura 3 apresenta os resultados dos ensaios através da variação da permeabilidade em função do teor de umidade do corpo de prova.

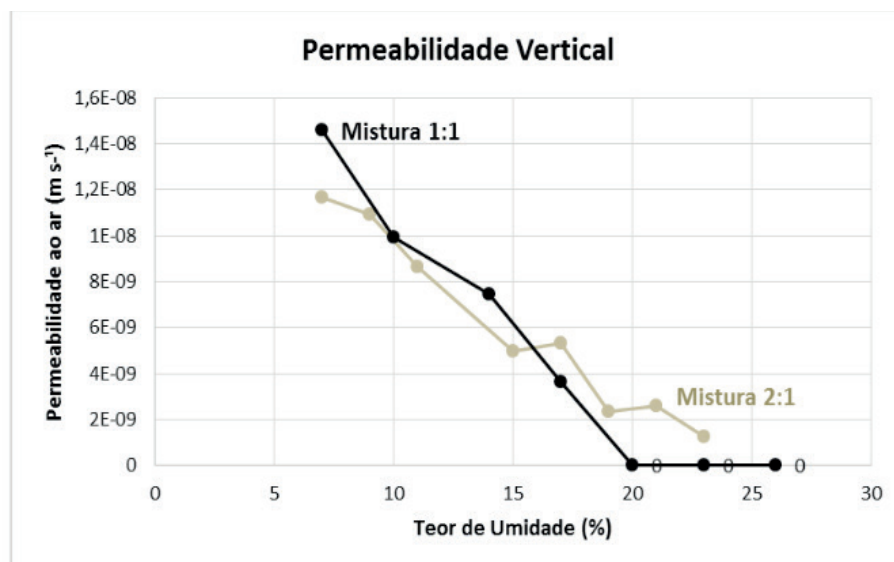


Figura 3 - Resultados dos ensaios de permeabilidade vertical ao ar para um mesmo corpo de prova nas misturas 2:1 e 1:1

É possível observar no gráfico da Figura 3 que na existência de altos teores de umidade não há valores para permeabilidade, isso ocorre pelo fato de que a presença de água em solos de alta umidade dificulta a passagem do ar injetado pelo equipamento. A Figura 3 mostra que a Mistura 2:1, que possui 23% de umidade ótima e a mistura 1:1, com 26% de umidade ótima apresentaram valores de permeabilidade na mesma grandeza de 10^{-9} e 10^{-8} m s⁻¹. O intuito de fazer este processo de secagem e determinar a permeabilidade ao ar em cada umidade é caracterizar o comportamento do solo e a sua eficiência em reter os gases gerados no aterro durante períodos de seca e chuva.

4.1.2 Permeabilidade à água

A determinação da permeabilidade a água das misturas 1:1 e 2:1 é obtida por meio da equação 2.

$$K_w = \frac{VL}{ATP} \text{ (cm/s)} \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

V= volume percolado (cm³)

L= altura da amostra (cm)

A= área da base do corpo de prova (cm²)

T= tempo médio para percolação de 5 cm³ (s) P= gradiente psi x 70,37 cm/psi (cm - H₂O)

Os resultados encontrados para a permeabilidade à água foram de $2,77 \times 10^{-9}$ m s⁻¹ para a Mistura 1:1 (solo:composto) e $5,6 \times 10^{-9}$ m s⁻¹ para a Mistura 2:1

(solo:composto). Apesar de possuírem diferentes proporções de material compostado foi observado que ambas as misturas obtiveram valores para a condutividade hidráulica na mesma ordem de grandeza.

De acordo com a USEPA (2003) para camadas de cobertura em aterros sanitários é indicado que os valores de permeabilidade à água sejam inferiores a ordem de grandeza de 10^{-7} m s^{-1} , para garantir assim que não haja alta percolação de água proveniente das chuvas. Tanto a mistura 1:1(solo:composto) como a mistura 2:1 (solo:composto) apresentaram valores compatíveis com os valores também encontrados por Maciel (2003), Lopes (2011) e Costa (2015).

4.2 Ensaio de Permeabilidade Horizontal

Segundo Pinto (2000) a permeabilidade horizontal tende a ser maior que a permeabilidade vertical devido à anisotropia das camadas do solo. Ter conhecimento sobre este quesito é de fundamental importância para o dimensionamento dos drenos verticais presentes no aterro sanitário bem como para possíveis fluxos horizontais dos gases gerados durante o processo de biodegradação.

4.2.1 Permeabilidade ao ar

Para o ensaio de permeabilidade horizontal foi moldado um corpo de prova na energia de um Proctor Normal com a mistura de 1:1 de solo composto. O experimento foi realizado para diferentes umidades do corpo de prova e verificada a permeabilidade ao ar horizontal quando a amostra era submetida a diferentes valores de pressão. Inicialmente aplicou-se uma pressão confinante de 10 kPa, crescendo-se esta pressão até que a mesma atingisse o valor de 50 kPa. O gráfico da Figura 4 mostra o desempenho do corpo de prova durante a realização do experimento.

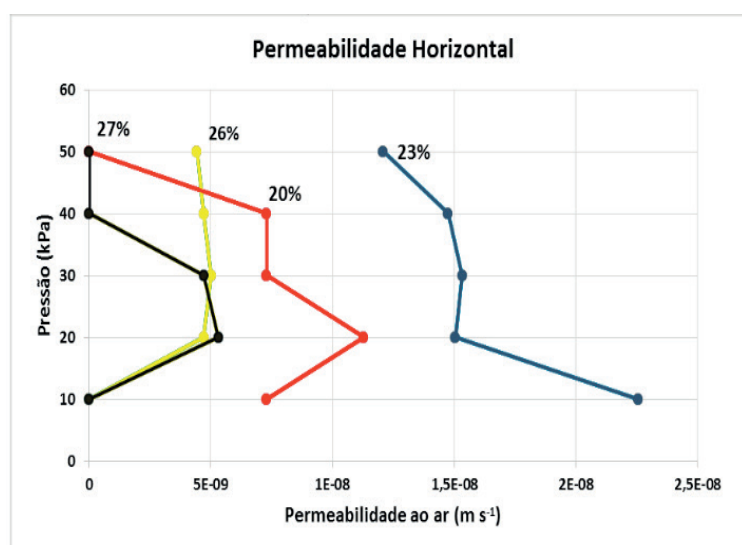


Figura 4. Resultados dos ensaios de permeabilidade horizontal ao ar para um mesmo corpo de prova de Mistura 1:1

Pelo gráfico da Figura 4 é possível observar que independentemente da umidade da amostra, para altos valores de pressão aplicados há uma deformação na amostra a ponto de diminuir o coeficiente de permeabilidade ao ar. Em campo este aumento de pressão poderia ser caracterizado por um sobrepeso presente na camada de cobertura.

4.2.2 Permeabilidade à água

Para o ensaio de permeabilidade horizontal também foi verificado a permeabilidade à água da Mistura 1:1, a fim de analisar o seu comportamento quando submetida a um fluxo de água no sentido horizontal. Assim sendo, para a Mistura 1:1 foi constatado um coeficiente de permeabilidade à água de $5,33 \times 10^{-9} \text{ m s}^{-1}$, que apresentou a mesma ordem de grandeza do coeficiente de permeabilidade vertical encontrado para as Misturas 1:1 e 2:1 de solo composto.

5 | CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos é possível concluir que as misturas apresentam permeabilidades ao ar e a água variando entre 10^{-8} e 10^{-9} m s^{-1} estando de acordo com os padrões indicados pela USEPA (2003) para camadas de cobertura em aterros sanitários, garantindo assim que não haja percolação em excesso de água proveniente das chuvas, como também a emissão de gases poluentes a atmosfera.

REFERÊNCIAS

- ASTM, D5084-10. 2010. **Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter**. American Society for Testing and Materials. Volume 04.08. Soil and Rock (I): D420 - D5876.
- COSTA, M. D. **Estudos de camadas de cobertura de aterros sanitários em colunas de solos**. Recife. 2015. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.
- LOPES, R. L. **Infiltração de água e emissão de metano em camadas de cobertura de aterros de resíduos sólidos**. Recife, 274p., 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco.
- MACIEL, F. J. **Estudo da geração, percolação e emissão de gases no aterro de resíduos sólidos da Muribeca/PE**. Recife. 173 p., 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.
- MARIANO, M. O. H. **Avaliação da retenção de gases em camadas de cobertura de aterro de resíduos sólido**. Recife. 243p., 2008. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco.
- SILVA, A. M. **Banco de dados de curvas de retenção de água de solos brasileiros**. São Paulo. 2005. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- PINTO, S. Carlos. **Curso Básico de Mecânica dos Solos**, São Paulo: Oficina de Textos, 2000.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). Evaporation landfill cover system. Fact sheet. 12 p. 2003.

REMOÇÃO E CORRELAÇÃO DE MICROALGAS E SÓLIDOS EM SUSPENSOS DE EFLUENTES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO UTILIZANDO BIOFILTRO

Moisés Andrade de Farias Queiroz

Graduado em Engenharia Sanitária e Ambiental (UEPB), Graduado em Engenharia Civil (UNP), Mestre em Engenharia Sanitária (UFRN). Sócio proprietário da Melo & Andrade Engenharia e Consultoria Ambiental. Natal – Rio Grande do Norte, Brasil. eng.moisesandrade@gmail.com.

Jonatan Onis Pessoa

Graduado em Engenharia Ambiental (UFAM), Mestre em Engenharia Civil e Ambiental (UFFS/BA) e Professor do IFMA. Itacoatiara, Amazonas, Brasil. jonatan.pessoa@ifam.edu.br.

Alex Pinheiro Feitosa

Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (UFERSA), Mestrado em Engenharia Sanitária (UFRN) e Doutorado em Manejo de Solo e Água (UFERSA), Professor da UFERSA campus Pau dos Ferros. alex.feitosa@ufersa.edu.br.

Eduardo Cristiano Vieira Gurgel

Graduado Engenharia Sanitária e Ambiental (UNP), Especialista em meio ambiente e gestão de recursos hídricos (UNP) e Mestrando em Ciências Ambientais (IFRN). Natal – Rio Grande do Norte, Brasil. eduardocvurgel@gmail.com.

Layane Priscila de Azevedo Silva

Bióloga, Mestre em Engenharia Sanitária (UFRN) e analista de saneamento na a&e Equipamentos e Serviços LTDA. Natal – Rio Grande do Norte, Brasil. layane@aeequipamentos.com.br

*Autor Correspondente: eng.moisesandrade@gmail.com

RESUMO: A presente pesquisa propôs avaliar a remoção de microalgas de um sistema de lagoas de estabilização utilizando biofiltros como pós-tratamento, além de tentar correlacionar os Sólidos Suspensos Totais com a clorofila “a”. Para tanto, utilizou-se dois biofiltros, o filtro 1 alimentado com efluente da lagoa facultativa e o filtro 2 alimentado com efluente da lagoa de maturação. O material de enchimento de ambos os filtros foi predominantemente brita nº 2, apesar de conter porções de brita nº 1 e 3. As concentrações médias finais de SST nos filtros 1 e 2 foram de 128 e 109 mg/L e as eficiências de remoção de 37 e 20%, respectivamente. Quanto à remoção de clorofila “a”, a eficiência do filtro 1 foi de 44% e no filtro 2 foi de 33%. A correlação mais significativa e representativa entre todos os parâmetros foi entre SST x Clorofila “a”, pôde-se observar que a correlação entre Clorofila “a” e o SST foram maiores e mais significativas nos efluentes dos filtros do que nos afluentes. Foram obtidos resultados satisfatórios em relação à remoção de SST e de clorofila “a” em ambos os filtros, em nível de pós-tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Lagoa de estabilização, remoção de microalgas, biofiltros, correlação clorofila “a” x sólidos suspensos totais.

MICROALGAE AND SOLIDS REMOVAL AND CORRELATION IN STABILIZING POND EFFLUENT SUSPENSES USING BIOFILTER

ABSTRACT: This research aimed to evaluate the removal of microalgae from a stabilization pond system using biofilters as a post-treatment, and to try to correlate Total Suspended Solids with chlorophyll “a”. For this, two biofilters were used, filter 1 fed with optional pond effluent and filter 2 fed with maturation pond effluent. The filler material of both filters was predominantly nº 2 gravel, although it contained portions of nº 1 and 3 gravel. The final average TSS concentrations in filters 1 and 2 were 128 and 109 mg / L and the removal efficiencies of 37 and 20%, respectively. As for the removal of chlorophyll “a”, the efficiency of filter 1 was 44% and in filter 2 was 33%. The most significant and representative correlation between all parameters was between TSS x Chlorophyll “a”, it was observed that the correlation between Chlorophyll “a” and TSS were larger and more significant in the effluents than in the tributaries. Satisfactory results were obtained regarding the removal of TSS and chlorophyll “a” in both filters at the post-treatment level.

KEYWORDS: Stabilization pond, removal of microalgae, biofilters, chlorophyll correlation “a” x total suspended solids.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, um país tropical, por serem processos biológicos naturais de tratamento de esgotos, as lagoas de estabilização se beneficiam de fatores bióticos e abióticos, como: as altas radiações solares, temperaturas elevadas, forte ação dos ventos e a luminosidade durante todo o ano, especialmente na região do Nordeste, estas condições favorecem a utilização dos sistemas de lagoas de estabilização. Somando as condições favoráveis com a disponibilidade de nutrientes advindos dos próprios esgotos, as lagoas de estabilização, tornam-se um ambiente ideal para o desenvolvimento e proliferação das microalgas, microrganismos fundamentais para o processo de tratamento neste tipo de sistema.

As lagoas de estabilização constituem uma das tecnologias mais simples e barata empregada no tratamento de esgotos, embora seus efluentes apresentem elevadas concentrações de sólidos suspensos na forma de microalgas, que fazem com que esse tipo de tratamento não se adeque aos padrões restritivos de lançamento. A presença significativa de algas nos efluentes de lagoas de estabilização torna-se um inconveniente nos corpos receptores e, até mesmo, inviabiliza diversos usos que se pretende dar à água a jusante do lançamento. As microalgas podem alterar o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, criando um biofilme superficial de cor verde, alterando a transparência da água e conduzindo a desoxigenação de lagos e rios. Caso o efluente seja usado para irrigação, concentrações excessivas de SS e algas podem afetar a porosidade do solo.

Buscou-se um sistema de pós-tratamento com características similares às lagoas

de estabilização, quanto à simplicidade operacional e ao baixo custo. O sistema de pós-tratamento usado foram biofiltros submersos, utilizando como material de enchimento brita. Nos biofiltros acontecem os processos de sedimentação, assimilação biológica e retenção física devido ao efeito de filtração e a biodegradação.

O objetivo da pesquisa foi avaliar a eficiência da remoção de microalgas e de sólidos em suspensão e sua correlação em efluentes de lagoas de estabilização, utilizando como pós-tratamento biofiltros submersos.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada na Estação de Tratamento de Esgoto de Ponta Negra, localizada no município de Natal, do tipo lagoa de estabilização, constituída por três lagoas, sendo uma lagoa facultativa primária (LFP) e duas de maturação (LM1 e LM2). O sistema piloto de pós-tratamento estava instalado nas dependências da ETE Ponta Negra. A pesquisa utilizou dois biofiltros submersos em escala piloto (Figura 2), que foram alimentados com efluentes do sistema de lagoas de estabilização, um alimentado pelo efluente da lagoa facultativa, o outro alimentado com efluente da segunda lagoa de maturação.

Os filtros foram construídos em alvenaria de tijolos, ambos apresentando as seguintes características físicas e hidráulicas: 4,10 m de comprimento; 1,00 m de largura; cada filtro possui 1,70 m de altura de brita, entretanto, a altura da lâmina d'água dos filtros era de 1,75 metros, trabalhavam afogados, com uma borda livre de 0,05 m (5 cm), tendo uma altura total 1,80 m. Os filtros tinham o fluxo descendente e horizontal, com vazão em cada filtro regulada para um tempo de detenção hidráulico de 6 h cada (vazão unitária de 14,4 m³/dia).

Ressalta-se que as condições operacionais dos filtros eram péssimas, para realização desta pesquisa, passaram por manutenção na parte superior, não tendo conhecimento da sua estrutura na sua profundidade, já que os mesmos eram enterrados. Os filtros foram instalados há quase 10 anos, o material de enchimento nunca foi retirado desde a época da construção, nunca foi limpo, podendo estar colmatado parte do seu material de enchimento. Os biofiltros da pesquisa são apresentados nas figuras 1 e 2:



Figura 1: Biofiltos Submersos na época da construção



Figura 2: Biofiltos Submersos em situação operacional no período da pesquisa

Os filtros foram cobertos com tijolos para diminuir a influência da luminosidade e radiação sobre a lâmina d'água. Foi realizado um teste de distribuição granulometria utilizando a metodologia da ABNT NBR 7211/2009, para caracterizar a brita pré-existente no sistema de filtros. Conclui-se que a brita utilizada na pesquisa era predominantemente nº 2, apesar de conter porções de brita nº 1 e 3.

Foram realizadas coletas em quatro pontos de amostragem (entradas e saídas dos filtros) e posteriormente encaminhadas aos laboratórios para as análises de sólidos suspensos totais, seguindo metodologias padronizadas pelo “Standard Methods” (APHA et al., 2005); quanto ao parâmetro da clorofila “a”, a metodologia utilizada foi a determinada por Jones (1979), extração por metanol. As análises foram realizadas no Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN.

Foram realizados dois perfis (20/11/2012 e 18/01/2013), entre as 6 e às 18h. Com a finalidade de observar a variação da clorofila “a” durante o dia, se as amostras pontuais representavam fielmente a qualidade do efluente no horário da coleta da pesquisa. As coletas ocorreram a cada 2h, também foi realizada uma coleta às 7h para representar a coleta normalmente realizada durante o período da pesquisa, totalizando 7 coletas para cada perfil.

Para facilitar a coleta e análise de dados, os pontos de coleta foram identificados da seguinte forma: FLF-E a entrada do filtro com efluente da Lagoa Facultativa, FLF-S saída do filtro com o efluente da Lagoa Facultativa, FLM-E a entrada do filtro com efluente da Lagoa de Maturação e FLM-S a saída do filtro com o efluente da Lagoa de Maturação.

A análise estatística verificou se a remoção foi significativa entre as entradas e as saídas dos filtros, esta análise foi realizada através do Teste t, ao nível de 5% de significância. Foi aplicada a correlação de Pearson (r) para conferir a relação Clorofila “a” x SST.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em termos de discussão de resultados, o Filtro – FLF corresponde ao filtro alimentado pelo efluente da Lagoa facultativa e o Filtro – FLM faz referência ao filtro alimentado pelo efluente da Lagoa de Maturação.

As concentrações de SST nos efluentes dos filtros foram 128 e 109 mg/L no FLF e FLM, respectivamente. Estas concentrações de SST nos efluentes dos filtros foram maiores do que as apresentadas nos estudos Oliveira e Gonçalves (1999) e Luduvic et al. (2001), que obtiveram 37 e 12,5 mg/L, respectivamente. Vale salientar, no entanto, que esses autores trabalharam sob condições operacionais diferentes, como por exemplo: TDH maior e o controle da concentração afluente de sólidos suspensos menores do que a utilizada nesta pesquisa.

Com relação ao desempenho dos filtros, houve remoção de 37% no FLF e de 20% no FLM. Estas eficiências foram menores que as observadas por Neder, Queiroz e Souza (2001) obtiveram 95% e Araújo et al. (2005) alcançaram 44%. Já Gomes (2010), em seu experimento com o filtro de pedras obteve remoção de 48% de sólidos suspensos e uma concentração final de 188mg/L, e no outro piloto de lagoa-filtro obteve 13% de remoção de sólidos suspensos e uma concentração final de 131mg/L na saída. A Figura 3 ilustra as variações das concentrações de sólidos suspensos totais.

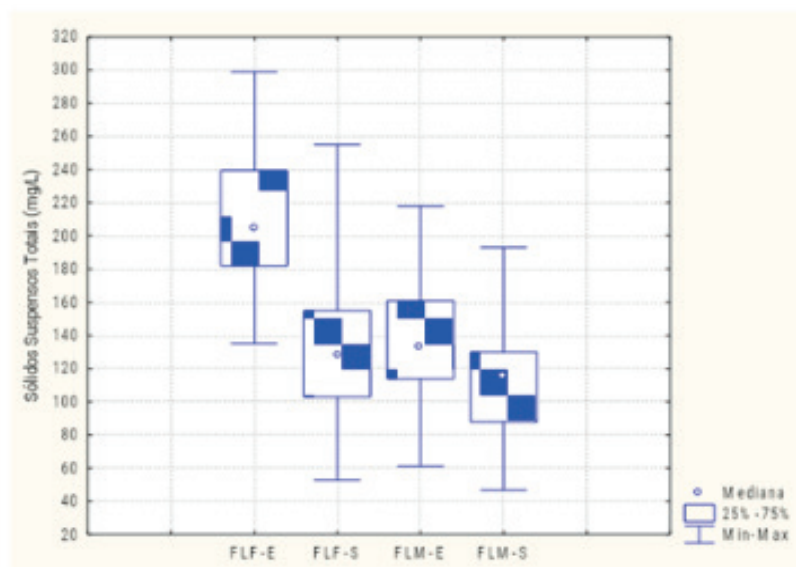


Figura 3. Comportamento dos Sólidos Suspensos Totais nos Filtros

Quanto à clorofila “a”, as concentrações de clorofila “a” nas saídas dos filtros foram de 1474 $\mu\text{g/L}$ (Facultativa) e 880 $\mu\text{g/L}$ (Maturação), com eficiências de remoção de 44% e 40%, para o FLF e o FLM, respectivamente. A Figura 4 ilustra a variação das concentrações da clorofila “a”, enquanto a figura 5 apresenta as eficiências pontuais da clorofila “a”, ao longo do período da pesquisa, que no FLF variaram de 16% a 79%, no FLM variaram de 12% a 69%.

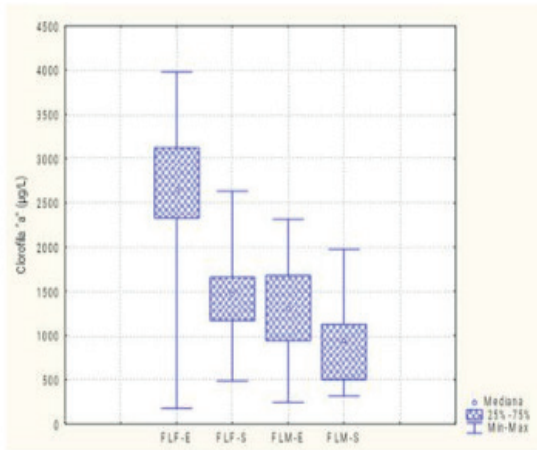


Figura 4. Comportamento da Clorofila “a” nos Filtros

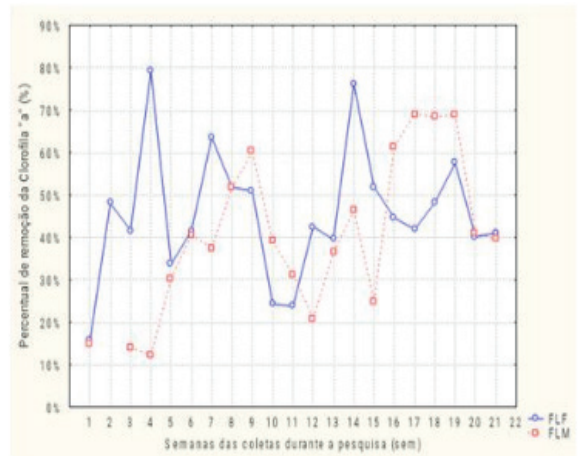


Figura 5. Eficiências pontuais da Clorofila “a” ao longo da pesquisa

A clorofila “a” apresentou melhor eficiência, em ambos os filtros, mas bem abaixo quando comparados aos apresentados por Queiroz (2001) que conseguiu 99%, Short et al. (2007) alcançaram remoções de 55%. Araújo et al. (2005) utilizaram em seus filtros conduítes com diâmetro de 20 mm e argila expandida com diâmetros de 30 e 15 mm, como material de enchimento, obtiveram remoções que variaram de 72% a 82%. Com relação a qualidade do efluente final, Queiroz (2001) atingiu concentrações variando de $36\mu\text{g/L}$ a $39\mu\text{g/L}$, enquanto Short et al. (2007) conseguiram $22\mu\text{g/L}$. Gomes (2010), em seu experimento obteve 88% de remoção de clorofila “a”, com concentração final de $20\mu\text{g/L}$ na saída, num piloto de filtro de pedra; em outro piloto de lagoa-filtro removeu 46% de clorofila e obteve uma concentração final de $87\mu\text{g/L}$.

A concentração média diária do FLF-E no perfil 1 foi de $1880\mu\text{g/L}$, a maior variação diária em termos de concentração foi registrada no horário das 16 horas com acréscimo de $670\mu\text{g/L}$ (36%) acima da média, para o FLF-S a média diária foi $873\mu\text{g/L}$, e sua maior variação foi observada também às 16 horas com aumento de $664\mu\text{g/L}$ na concentração, uma variação de 76% se comparado com a média. No perfil 2, o FLF-E obteve uma média diária de $2263\mu\text{g/L}$, registrando a maior variação às 16 horas com aumento de $905\mu\text{g/L}$ (40%) em termos concentração acima da média, para o FLF-S a média diária foi de $1054\mu\text{g/L}$, a maior variação foi anotada às 8 horas com um aumento de $507\mu\text{g/L}$ (48%) sobre a média. As Figuras 6 e 7 ilustram as variações diárias da clorofila “a” para o FLF.

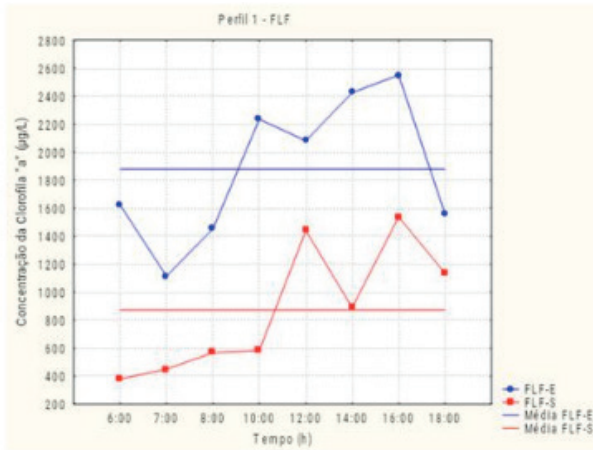


Figura 6. Variação diária da concentração da Clorofila “a” no FLF (Perfil 1)

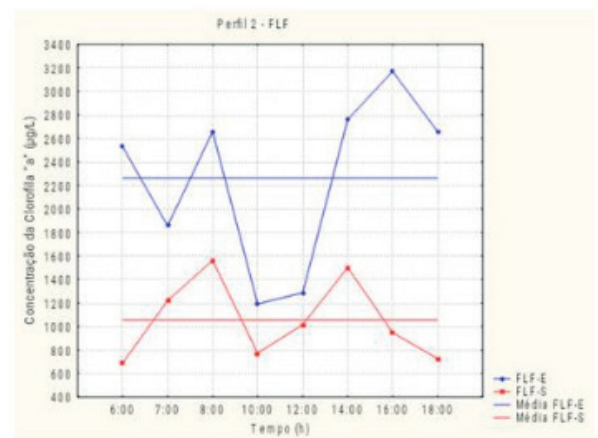


Figura 7. Variação diária da concentração da Clorofila “a” no FLF (Perfil 2)

Para o FLM, a concentração média diária do FLM-E no perfil 1 foi de 1021 $\mu\text{g/L}$, a maior variação diária em termos de concentração foi registrada às 14 horas com acréscimo de 1278 $\mu\text{g/L}$ (125%) acima da média. Para o FLM-S a média diária foi de 545 $\mu\text{g/L}$ e sua maior variação foi observada também às 10 horas com aumento de 212 $\mu\text{g/L}$ (39%) na concentração, comparada com a média. No perfil 2 o FLM-E obteve uma média diária de 1294 $\mu\text{g/L}$, cuja maior variação foi observada as 12 horas com diminuição de 500 $\mu\text{g/L}$ (61%), em ambos os horários acima da média, para o FLM-S a média diária foi de 631 $\mu\text{g/L}$, a maior variação foi registrada às 8 horas com um aumento de 572 $\mu\text{g/L}$ (91%) sobre a média, sendo estas variações muito expressivas. As Figuras 8 e 9 ilustram as variações diárias da clorofila “a” para FLM.

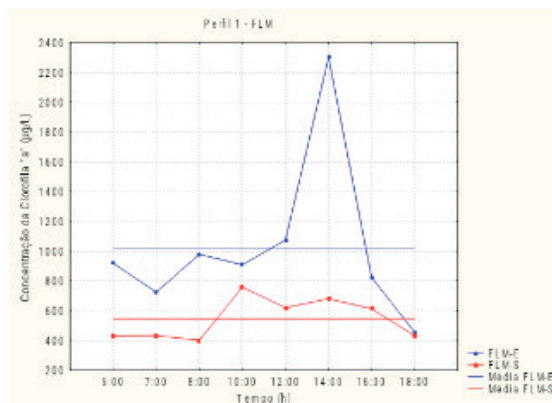


Figura 8. Variação diária da concentração da Clorofila “a” no FLM (Perfil 1)

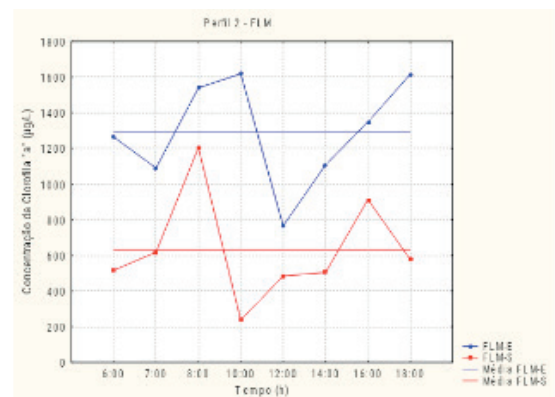


Figura 9. Variação diária da concentração da Clorofila “a” no FLM (Perfil 2)

4 | CONCLUSÕES

Apesar das péssimas condições operacionais, os filtros obtiveram eficiências satisfatórias em nível de pós-tratamento. Faz-se a seguir conclusão mais específica dos resultados:

1. No FLF foram removidos 37% de SST e 44% de Clorofila “a”, enquanto que o FMF foi removido 20% de SST e 40% Clorofila “a”, estas remoções foram

significativas;

2. Houve maior correlação e significativa dos dados entre Clorofila “a” e SST nos efluentes dos filtros do que nos efluentes das lagoas;

3. Foi observado que as variações ao longo do dia dos parâmetros não foram estatisticamente significativas comparando com a média global diária e ao horário de coleta da pesquisa, ou seja, que independente do horário da coleta, os valores das concentrações teriam a mesma representatividade ao longo do dia. Embora as variações pontuais durante o dia sejam bem expressivas.

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA. Water environment federation – WEF. Standard for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Hardcover. 2005.

Araújo, G. M.; Oliveira, E. C. A.; Ingunza, M. P. D.; Calazans, M. A. D.; Araujo, A. L. C. Avaliação da utilização de filtros anaeróbios simplificados, na remoção de algas de efluentes de lagoas de estabilização. XXIII Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, anais... Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental, Campo Grande. 2005.

Gomes, M. C. R. L. Polimento de efluentes de sistema de tratamento de dejetos suínos em filtro de pedra e lagoa-filtro. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 181pp. 2010.

Jones, J.G. A guide to methods for estimating microbial numbers and biomass in fresh water. Ambleside: Freshwater Biological Association. 1979.

Luduvica M. L., Queiroz, T. R., Neder, K. D., Souza, M. A. A. Sólidos suspensos como indicador de densidade de algas em lagoas de estabilização. XXI Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Anais... Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental. Porto Alegre. 2001.

Neder, K. D., Queiroz, T. R., Souza, M. A. A. Utilização de processos naturais para polimento de efluentes de lagoas de estabilização. XXI Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental, Anais... Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental. João Pessoa. 2001.

Oliveira, F. F. E Gonçalves, R. F. Principais tecnologias empregadas no polimento do efluente de lagoas de estabilização. XX Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. Anais... Associação brasileira de engenharia sanitária e ambiental. Rio de Janeiro RJ. 1999.

Queiroz, T. R. Remoção de sólidos suspensos de efluentes de lagoas de estabilização por meio de processos naturais. Dissertação Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos- Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 229 p. 2001.

Short, M. D., Cromar, N. J., Nixon, J. B., Fallowfield, H. J. Relative performance of duckweed ponds and rock filtration as advanced in-pond wastewater treatment processes for upgrading waste stabilisation pond effluent: a pilot study. Water Science & Technology. 55 (11), 111-119. 2007.

MONITORAMENTO DO DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE *Rhizophora mangle* L. EM VIVEIRO DE CRIAÇÃO NA LAGOA RODRIGO DE FREITAS, RIO DE JANEIRO – RJ

Carlos Augusto Kinder

Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNESA) – Campus Norte Shopping, Rio de Janeiro – RJ

Marcia Sena da Silva

Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNESA) – Campus Norte Shopping, Rio de Janeiro – RJ

Anderson de Carvalho Borges

Universidade Castelo Branco. Rio de Janeiro-RJ

MARIO MOSCATELLI

Diretor Técnico da Manglares Consultoria Ambiental Ltda. Rio de Janeiro-RJ

Ricardo Finotti

Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária (UNESA) – Bolsista do Programa Pesquisa Produtividade (UNESA).

RESUMO: Ações de restauração em manguezais tem sido cada vez mais comuns, no entanto, dados sobre a sobrevivência e o crescimento de espécies de mangue em viveiros são ainda escassos. O objetivo deste estudo é fazer a avaliação destes parâmetros em plântulas de *Rhizophora mangle* L. em viveiro. Para isso, 219 propágulos, coletados no in natura, foram divididos em 6 lotes, plantados e monitorados em um período de 6 meses. Foram registrados o percentual de sobrevivência e o comprimento inicial de cada propágulo. O

tempo, em dias, da abertura de cada par de folhas foi anotado. Os comprimentos foram medidos no período de 3 e 6 meses após o plantio. Estes parâmetros foram comparados entre os lotes e correlacionados. O percentual de sobrevivência foi de 85%, variando de 10 a 18% entre os lotes. Os lotes com propágulos maiores apresentaram maior incremento e o tamanho inicial e final estão correlacionados. O incremento total variou de 20 cm a 26 cm. Foi encontrada em fraca correlação entre o crescimento e a abertura de pares de folhas. Pode-se dizer, com base nos resultados encontrados, que as plântulas entre 141 a 180 dias com um tamanho médio de 37 ± 5.2 cm já estão viáveis para plantio.

PALAVRAS-CHAVE: Mangue, plântulas, restauração, *Rhizophora mangle*, viveiro de mudas.

Rhizophora mangle L. SEEDLINGS DEVELOPMENT AT RODRIGO DE FREITAS LAGOON NURSERY SETTLEMENT, RIO DE JANEIRO - RJ

ABSTRACT: Restoration actions in mangroves have been increasingly common, however, data on the survival and growth of mangrove species in nurseries are still scarce. The aim of this study is to assess these parameters in *Rhizophora mangle* L. seedlings in nurseries settlements. For this, 219 propagules, collected in nature,

were divided into 6 groups, planted and monitored over a six months period. The percentage of survival and the initial length of each seedling was recorded. The time, in days, of each pair of leaves opening was measured. The lengths were measured within 3 and 6 months after planting. These parameters were compared between the groups and correlated. The proportion of mortality was 85%, varying from 10 to 18% among groups. Groups with larger seedlings had higher increment and the initial and final length are correlated. The total increase ranged from 20cm to 26cm. A poor correlation was found between the growth and the leaves opening. It can be said, based on the results, that the seedlings between 141-180 days with an average size of 37 ± 5.2 cm are already viable for planting.

KEYWORDS: Mangrove, nursery settlements, restoration, *Rhizophora mangle*, seedlings.

INTRODUÇÃO

Os manguezais são florestas de vegetação lenhosa e halófitas que se desenvolvem entre marés em áreas de sedimentos lamosos não consolidados, com pouca declividade, e em geral associados a baías, lagunas, estuários e deltas, em áreas tropicais e subtropicais do planeta. Os ambientes de manguezais são considerados como Áreas de Preservação Permanente –APP de acordo com a Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, Resolução CONAMA N.º 369 de 28 de março de 2006.

Estes ambientes são considerados sistemas complexos, frágeis, sendo um dos ecossistemas mais produtivos do planeta (Schaeffer-Novelli 1995). Sua produtividade se dá pela elevada produção e ciclagem da matéria orgânica que favorece a intensa e gradativa remineralização de nutrientes em sua maioria por ataque de bactérias e fungos. Esses minerais enriquecem a biodiversidade dos manguezais e com a oscilação da maré favorecem o transporte de nutrientes e matéria orgânica para os ecossistemas estuarinos, marinho e adjacências. Assim incrementa a cadeia trófica e o pescado marinho da região e por essa razão os ambientes de manguezais são de grande relevância ecológica e econômica (Schaeffer-Novelli 1995; Lacerda 1998).

Estima-se que 70% das zonas costeiras tropicais e subtropicais sejam cobertas por manguezais, o que corresponde a 15 milhões de hectares em todo o mundo. Os manguezais da América Latina e Caribe representam aproximadamente 29% do total. Os manguezais africanos englobam 23% e os asiáticos (região Indo-Pacífica) representam quase a metade dos manguezais no mundo, aproximadamente 48% (Rezende *et al.* 2009).

No Brasil, o manguezal ocorre praticamente ao longo de toda a costa em quantidades de quase 26.000 km², desde a foz do rio Oiapoque no Amapá à divisa Laguna/Jaguaruna em Santa Catarina (Schaeffer-Novelli 1993).

Os manguezais brasileiros são caracterizados pelas plantas arbóreas representadas principalmente por *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechm. ex Moldenke (mangue negro), *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaertn. (mangue branco),

Rhizophora mangle L. (mangue vermelho) e *Conocarpus erectus* L. (mangue de botão). Cada uma dessas espécies apresenta diferentes características que permitem o seu desenvolvimento em solo com baixa estabilização e variado grau salinidade, por essas razões as espécies ocupam ambientes com características diferentes no terreno (Schaeffer-Novelli 1995).

No Estado do Rio de Janeiro, o ecossistema ocupa aproximadamente 160 km² (Kjerfve & Lacerda 1993) e as maiores florestas estão localizadas na foz do rio Paraíba do Sul e nas baías de Guanabara, Sepetiba e da Ilha Grande (Feema 1980; Menezes et al. 2000).

Os manguezais tem sido degradados em todo o mundo, desde o último século, foi perdido, cerca de 50% do total da área original (Gesamp 2001; Martinuzzi et al. 2009), de 1980 a 2005 esses ambientes foram reduzidos de 18,8 milhões para 15,2 milhões de hectares.

No Estado do Rio de Janeiro no período 1995 a 2000 foram suprimido 255 hectares, 2,6% do que havia em 1995. Já no Município do Rio de Janeiro a supressão de mangue foi na ordem de 142 hectares. Em 1995, as áreas avaliadas de mangue resultaram em 9.865 hectares, enquanto em 2000 registrou-se 9.610 hectares de mangues (Semads 2001).

Atualmente, apesar da vegetação dos manguezais apresentarem um elevado grau de degradação, existem muitas ações que visam sua regeneração (Field 1996). Em alguns municípios do Estado do Rio de Janeiro já ocorrem alguns plantios de vegetação de manguezal bem sucedidos como, por exemplo, no município de Duque de Caxias e nas lagoas Rodrigo de Freitas e de Jacarepaguá no município de Rio de Janeiro (Lacerda et al. 2001).

O Genero *Rhizophora* domina a maior parte dos manguezais tropicais no mundo e acredita-se que exercem funções vitais para os ecossistemas de mangue tais como proteção da linha da costa, melhoria da qualidade da água em ambientes próximos a costa e suportam cadeias alimentares estuarinas e marinhas (Duke & Allen 2006).

Embora muitos plantios hoje sejam empregados em grande escala no Brasil e no mundo (Field 1996, Lacerda et al. 2001, Banus & Kolemmainen (1975) apud Menezes et al. 2005), existem poucos estudos de monitoramento que avaliam ao desenvolvimento de mudas em cativeiro e sua utilização em reflorestamento para manguezais (Banus & Kolemmainen 1975, Dos Santos 2013, Vanegas 2013) e segundo Jimenez (2000), não existem dados sobre taxas de crescimento de *R. mangle* disponíveis.

Duke & Allen (2006), afirmam que o tempo ideal para a utilização das mudas em plantios é no estágio em que estas apresentam o terceiro par de folhas desenvolvido em condições de cativeiro, levando cerca de 6 meses para atingi-lo. Segundo Catié (1998) os propágulos estão maduros quando atingem de 30 a 60 cm.

No entanto, até onde se sabe não existem muitos estudos que correlacionem dados do desenvolvimento das plântulas tais como a altura e o tempo de emissão dos pares de folhas e suas consequências no desenvolvimento das plântulas.

Sendo assim, o monitoramento da germinação, crescimento e desenvolvimento das mudas pode fornecer subsídios para a avaliação do estado de desenvolvimento dessas plântulas, o que pode possibilitar um plantio de indivíduos menos vulneráveis a ataques de predadores ou quebra mecânica por objetos flutuantes, como por exemplo, o lixo, possibilitando assim um maior sucesso de sobrevivência destes indivíduos.

O presente estudo tem como objetivo acompanhar o desenvolvimento do crescimento de plântulas de *R. mangle* em um período de 6 meses e analisar alguns parâmetros de seu desenvolvimento tais como: o percentual de sobrevivência das plântulas, o número de dias para a abertura de cada par de folhas em um período de seis meses e o tamanho da plântula. Procurou-se também avaliar a relação entre o crescimento e o tempo de abertura dos pares de folhas para saber se este pode ser um bom parâmetro de desenvolvimento das plântulas e avaliar suas taxas de crescimento em um período de 6 meses.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O viveiro de mudas do Projeto Manguezário está localizado na área do entorno da Lagoa Rodrigo de Freitas, na zona sul da cidade do Rio de Janeiro – RJ (Figura 1). A Lagoa Rodrigo de Freitas faz parte da planície litorânea do Estado do Rio de Janeiro ($22^{\circ} 57' 02''$ e $22^{\circ} 58' 09''$ sul e $43^{\circ} 11' 09''$ e $43^{\circ} 13' 03''$ oeste), e está situada entre os morros do Cantagalo e dos Cabritos ao Leste, Corcovado e Sumaré ao Norte e os bairros de Ipanema e Leblon ao Sul. A bacia hidrográfica da Lagoa Rodrigo de Freitas abrange os bairros de Ipanema, Lagoa, Humaitá, Jardim Botânico e Gávea e drena as águas da vertente sudeste da Serra da Carioca, no maciço da Tijuca, apresentando uma área de cerca de 24 km² (Andreatta et al. 1997, Rangel 2002, Ambiental 2002).

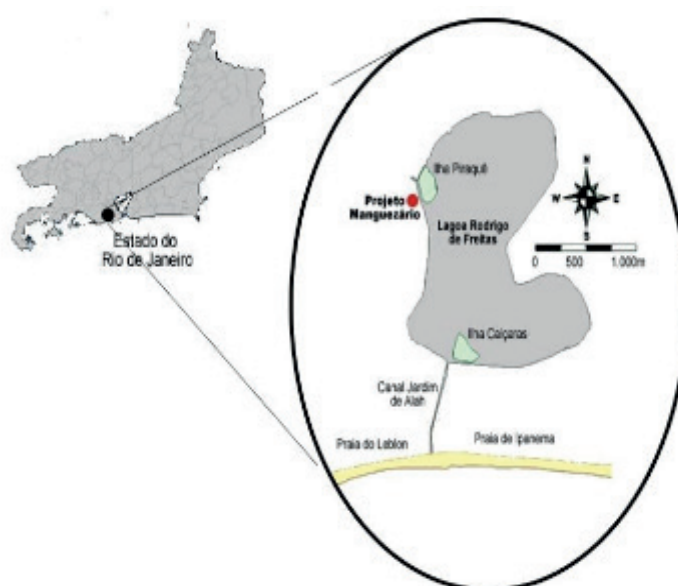


Figura 1- Localização do viveiro do Projeto Manguezário na Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro- RJ.

O projeto Manguezário foi concebido pelo biólogo Mário Moscatelli e tem dentre seus objetivos desenvolver trabalhos de educação ambiental, reintroduzir na Lagoa Rodrigo de Freitas espécies de Mangue vermelho, Mangue branco e Mangue negro, além de fazer a manutenção da vegetação já reflorestada.

Os dados meteorológicos mais próximos da área de estudo foram obtidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, provenientes da Estação Rio de Janeiro (OMM:86887), localizada no Forte de Copacabana, com latitude: - 22.98°, longitude: - 43.19° e altitude: 26 m. No período de estudo a temperatura média foi de $24 \pm 3^\circ\text{C}$, o valor mínimo foi de 21°C e máximos foi de 29°C e ocorreu respectivamente nos meses julho e janeiro. O somatório da pluviosidade nos seis meses de estudo foi de 586 mm, no dia 11 /12/13 teve a sua máxima estando em 110 mm e em outros dias de estudo variou de 0 mm a 44 mm. A média umidade relativa do ar foi de $71 \pm 8\%$, e os valores mínimos e máximos variaram entre 49 a 94%.

Foram coletados propágulos caídos próximos às margens da Lagoa Rodrigo de Freitas com aspectos saudáveis e não danificados mecanicamente. Estes propágulos foram armazenados submersos em água doce aproximadamente sete dias para permanecerem hidratados até o início do plantio.

A mudas foram preparadas em sacos plásticos, com medidas de dez centímetros de profundidade por oito centímetros de largura. Todos os propágulos foram fixados com sua base aproximadamente três centímetros de profundidade no substrato.

O substrato utilizado foi produto de uma mistura de 70% de terra adubada (marca Minhocário Verde Vida) e 30% de areia lavada comum comprada em casas de materiais de construção. Todas as plântulas foram regadas duas vezes por semana, somente com água doce de torneira em temperatura ambiente.

As medições ocorreram em um período de seis meses, tendo início em Junho de 2013 e finalizou em Janeiro de 2014. Foi escolhido o período de seis meses para o monitoramento das plântulas pois este seria o tempo moderado para que as plântulas estivessem com porte físico o suficiente para minimizar mortalidade por quebra mecânica e predação de insetos e caranguejos (Catié 1998, Duke & Allen 2006).

Foram plantados 219 propágulos de *R. mangle* divididos em seis lotes com número de indivíduos que variaram entre 14 a 77 indivíduos (1º Lote – 20 indivíduos, 2º Lote – 30 indivíduos, 3º Lote – 28 indivíduos, 4º Lote – 50 indivíduos, 6º Lote – 14 indivíduos).

Duas vezes por semana o número de pares de folhas abertos era observado e a data era anotada. Isto permitiu o cálculo do tempo de desenvolvimento, em dias, dos pares de folhas. Considerou-se que o par de folhas estava totalmente aberto quando as folhas apresentavam um ângulo aproximado de 180° entre si.

O monitoramento do crescimento das plântulas foi realizado trimestralmente, até o tempo de 6 meses, através de medição da parte aérea com fita métrica com acurácia de milímetro. A parte aérea foi considerada a medida da base do substrato até a gema

apical.

Sendo assim, as seguintes variáveis foram analisadas: mortalidade dos propágulos, número de dias de desenvolvimento do 1º, 2º, 3º e 4º par de folhas, altura dos propágulos na hora do plantio, após três e seis meses e o incremento no período de zero a três, de três a seis meses e de zero a seis meses (incremento total). Os incrementos foram calculados como sendo a diferença entre a altura da plântula final menos a altura inicial. A proporção de propágulos mortos foi comparada entre os lotes utilizando-se teste de Wilcoxon (Zar 2010). Diferenças entre os comprimentos de propágulos que não se estabeleceram e os propágulos viáveis foram comparadas através de teste de Mann-Whitney (U) com correção de Bonferroni para amostras desiguais. As outras variáveis foram comparadas entre os lotes através de ANOVA não-paramétrica de Kruskal-Wallis (H) e teste de Mann-Whitney (U) com correção de Bonferroni para as comparações par-a-par. A relação entre o tamanho inicial e final do propágulo e entre o tamanho final e o incremento total foram analisadas através de regressão linear (Zar 2010). Foram também testadas as correlações entre o tamanho inicial dos propágulos e o tempo de abertura dos pares de folhas os incrementos de zero a três meses com a abertura dos 1º e 2º pares e do incremento de três a seis meses com a abertura dos 3º e 4º pares. Para isso os valores foram transformados ao logaritmo na base neperiana.

RESULTADO

Com relação a mortalidade de propágulos, não foram encontradas diferenças significativas entre as amostras ($n = 6$; $W = 5,5$; $p = 0,85$). Dos 219 indivíduos, 33(15%) desenvolveram nos três primeiros meses, coloração marrom e aparência de desidratado e não abriram nenhum par de folhas durante o período de análise e assim estes foram considerados mortos. A média de mortalidade dos lotes foi de $14 \pm 3\%$ e esta variou de 10% (lote 1) a 18% (lote 5) dos indivíduos. Os comprimentos dos propágulos não viáveis ($n = 34$, média = $19,59 \pm 3,39$ cm, mediana=19 cm, amplitude = 14 - 27 cm) não diferiram significativamente dos viáveis ($n = 185$, média = $17,51 \pm 3,42$ cm, mediana = 18 cm, amplitude = 9-26 cm) ($U = 2269,5$, $p = 0,10$).

Diferenças significativas foram encontradas entre os lotes com relação a altura inicial dos propágulos ($H = 15,43$; $p = 0,008$), tendo os propágulos do lote 5, altura inicial significativamente maior que os do lote 2 ($U = 3,2$; $p = 0,02$) e o lote 6 ($U = 3,3$; $p = 0,035$) (Tabela 1). A altura inicial considerando os seis lotes variou de 09 a 27 cm e a altura final variou de 22 a 55,5 cm.

		LOTES					
		1°	2°	3°	4°	5°	6°
Altura Inicial (cm)	Mín-Max	12-26	09-26	11-23	11-27	13-25	09-26
	Média±D.P	17±4,2	16±3,6	17±3,2	16±3,6	18±2,9	16±4,8
Altura Final (cm)	Mín-Max	22-51	26-55	30-55,5	28-51,5	29-54,5	27-46,5
	Média±D.P	38±7,5	41±6,7	42±7	42±5,9	42±5,9	36±5,2

Tabela 1-Valores mínimos (Mín) e máximos (Máx), médias e desvio padrão (DP) das alturas inicial e final das plântulas de R. mangle.

Também foram encontradas diferenças significativas entre as alturas medidas após três meses de plantio ($H = 21,44$; $p = 0,0007$) tendo o lote 2 propágulos de altura significativamente menor que os do lote 5 ($U = 5,6$; $p = 0,05$) e também após 6 meses de plantio ($H = 15,65$; $p = 0,008$), tendo os propágulos do lote 6, altura significativamente menor que os dos lotes 3 ($U = 3,4$; $p = 0,05$), 4 ($U = 5,5$; $p = 0,04$) e 5 ($U = 5,6$, $p = 0,03$) (Tabela 1).

O incremento das plântulas no período de zero a três e três a seis meses não apresentou diferenças significativas entre os lotes ($H = 7,1$; $p = 0,34$ e $H = 7,2$; $p = 0,37$, respectivamente) (Figura 4). De 0 a 3 meses o incremento médio foi de $11,25 \pm 5,09$ cm e de 3 a 6 meses foi de $12,49 \pm 4,6$ cm. Nos três primeiros meses a média do crescimento variou de $8,0 \pm 5,5$ cm a $12,6 \pm 5,6$ cm e nos últimos meses a média do crescimento variou entre $11 \pm 4,6$ cm a $15,3 \pm 3,8$ cm.

Considerando o incremento total foram encontradas diferenças significativas entre os lotes ($H = 57,31$; $p = 0,00004$). O lote 1 apresentou incremento significativamente menor em relação à todos os outros lotes (lote 2: $U = 8,51$; $p = 0,003$; lote 3: $U = 9,4$; $p = 0,0008$; lote 4: $U = 7,56$; $p = 0,0016$; lote 5: $U = 7,58$; $p = 0,0017$; lote 6: $U = 9,2$; $p = 0,0007$) e o lote 6 apresentou incremento significativamente menor em relação aos lotes 4 e 5 ($U = 5,7$; $p = 0,05$ e $U = 6,5$; $p = 0,04$, respectivamente) (Figura 2) (Tabela 2). Considerando os seis lotes os valores mínimo máximos de incremento total foram respectivamente 2 cm e 35 cm.

Existe uma correlação significativa entre a altura final e o incremento total ($n = 186$, $F = 311,58$; $r^2 = 0,64$, $p = 0,000001$) e entre a altura inicial e final ($n = 186$; $F = 151,98$; $r^2 = 0,47$; $p = 0,0000$) (Figura 3).

Foram encontradas diferenças significativas entre os lotes com relação ao número de dias de abertura de todos os pares de folhas exceto para o 4° par ($H = 6,3$; $p = 0,28$). Apenas 78 indivíduos (41,93%) dos indivíduos sobreviventes desenvolveram o 4° par de folhas durante o período estudado, os valores mínimos apresentados variaram entre 153 e 177 dias e os máximos entre 180 e 184 dias (Tabela 3).

Para o 1° par de folhas ($H = 20,51$, $p = 0,001$), o lote 1 apresentou tempo de desenvolvimento significativamente maior em relação aos lotes 2 e 4 ($U = 9,2$; $p = 0,02$ para as duas comparações) e 5 ($U = 10,51$; $p = 0,01$), considerando-se o conjunto, apresenta valores mínimos entre 51 a 64 dias e máximos entre 87 e 133 dias. Para

o 2º par de folhas ($H = 25,32$; $p = 0,0001$), os lotes 1 e 3 apresentou tempo de desenvolvimento significativamente maior que o lote 5 ($U = 9,3$; $p = 0,002$ e $U = 7,5$; $p = 0,02$, respectivamente), considerando-se o conjunto, apresenta valores mínimos entre 87 e 102 dias e máximos entre 134 e 167 dias. Para o 3º par de folhas ($H = 38,15$; $p = 0,0003$), os lotes 4,5 e 6 apresentaram tempo menor de desenvolvimento em relação aos lotes 1, 2 e 3 (para todas as comparações $U > 9,5$ e $p > 0,0001$), considerando-se o conjunto, apresenta valores mínimos entre 117 e 141 dias e máximos entre 162 e 181 dias.

Existe correlação significativa e negativa entre o tempo de abertura do 1º par de folhas e do 2º par de folhas e o incremento de 0 a 3 meses ($F = 117,60$; $r^2 = -0,41$; $p = 0,000$; $F = 71,06$; $r^2 = -0,30$; $p = 0,0000$, respectivamente) (Figura 4). Não foi encontrada nenhuma correlação entre o incremento de 3 a 6 meses e o tempo de abertura do 3º par de folhas ($F = 117,60$; $r^2 = -0,41$; $p = 0,000$) mas sim uma fraca correlação negativa entre aquela variável e a abertura do 4º par de folhas ($F = 4,11$; $r^2 = -0,23$; $p = 0,05$).

DISCUSSÃO

A taxa de sobrevivência dos propágulos de *R. mangle* encontradas aqui (85%) podem ser consideradas altas, se comparáveis a de outros estudos realizados com plantios diretos em campo, que apresentam sobrevivência que variam de 5 a 100% (Menezes *et al.* 2005, Fruehauf 2005). A única exceção encontrada foi a de plantios em plantações de *R. mangle* com diferentes espaçamentos em Cuba que mostrou sobrevivência superior a 85% (Pádrón 1997).

Estes resultados indicam a relevância de se utilizar o viveiro para obtenção de maior sobrevivência dos propágulos, tendo em vista que os plantios feitos diretamente em campo sofrem tensões ambientais. McKee (1995) constatou que plântulas do gênero *Rhizophora* plantadas em bosques de Belize, apresentaram mortalidade devido à vários fatores, tais como: dificuldades na fixação (40%), predação (17%), dessecação (17%) e causas desconhecidas (26%). Segundo Vanegas (2013), a produção de mudas em viveiro é o melhor meio para se selecionar, produzir e propagar as espécies.

A técnica utilizada parece ter colaborado para esta alta sobrevivência, sendo adequada a utilização de água doce e o substrato arenoso misturado com matéria orgânica. Plântulas de *R. mangle* não toleram rega com água com altas salinidades (Vanegas 2013). Dos Santos (2013) em experimento realizado com técnicas de cultivo de mudas em viveiros telados no Estado de São Paulo, analisou 200 propágulos de *R. mangle*. em um período de 111 dias, com a utilização do solo do próprio local da coleta com mistura de areia fina de construção em uma proporção de (1:3), não encontrou diferenças significativas entre condições de cultivo com a rega por água doce (0 SPU) e condições de água salobra respectivamente, tendo as mudas (28 e 27 cm). No entanto, as plântulas que foram regadas com água com salinidade elevada (100 PSU) apresentaram altura final de 14 cm. A altura aérea final dos propágulos neste presente

estudo se encontram com valores próximos ao estudo supracitado.

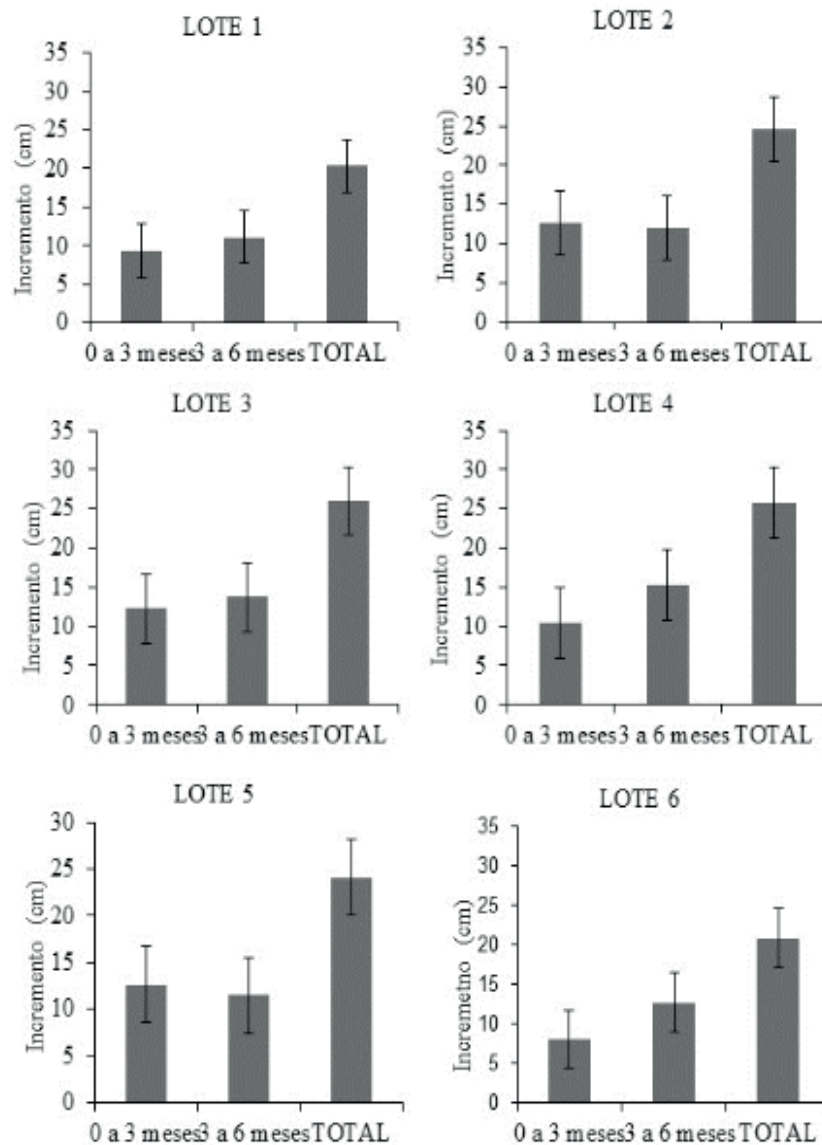


Figura 2-Incremento médio e desvio padrão (barras) das plântulas de *R. mangle* em cada lote nos períodos de 0 a 3 meses, 3 a 6 meses e 0 a 6 meses (incremento total).

Após a abertura do primeiro par de folhas nenhum indivíduo de *R. mangle* todos os indivíduos sobreviveram. O tempo de formação do 1º par de folhas parece acontecer em no mínimo 2 meses. Banus & Kolemmainen 1975 APUD Menezes *et al.* 2005 registraram que os propágulos de *R. mangle* formavam o primeiro par de folhas entre 40 a 50 dias e também que os propágulos começaram a liberar as primeiras folhas no segundo mês pós-plantio (cerca de 60 dias), sendo que no quarto mês os propágulos apresentavam um par de folhas ou mais, em média. Portanto, a variação encontrada aqui para a abertura do 1º par de folhas (51 a 133 dias) está dentro da variação esperada.

LOTES						
Altura (cm)	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Mín-Máx	2,0 - 29,0	8,0 - 33,0	15,0 - 32,5	13,0 - 35,0	13,0 - 32,5	9,5 - 27,5
Média±D.P.	20,0 ± 6,5	25,0 ± 6,0	26,0 ± 5,0	25,0 ± 4,3	24,0 ± 4,7	20,0 ± 5,9

Tabela 2-Valores mínimos (Mín) e máximos (Máx), médias e desvio padrão (DP) do incremento total das plântulas de *R. mangle* em seis meses.

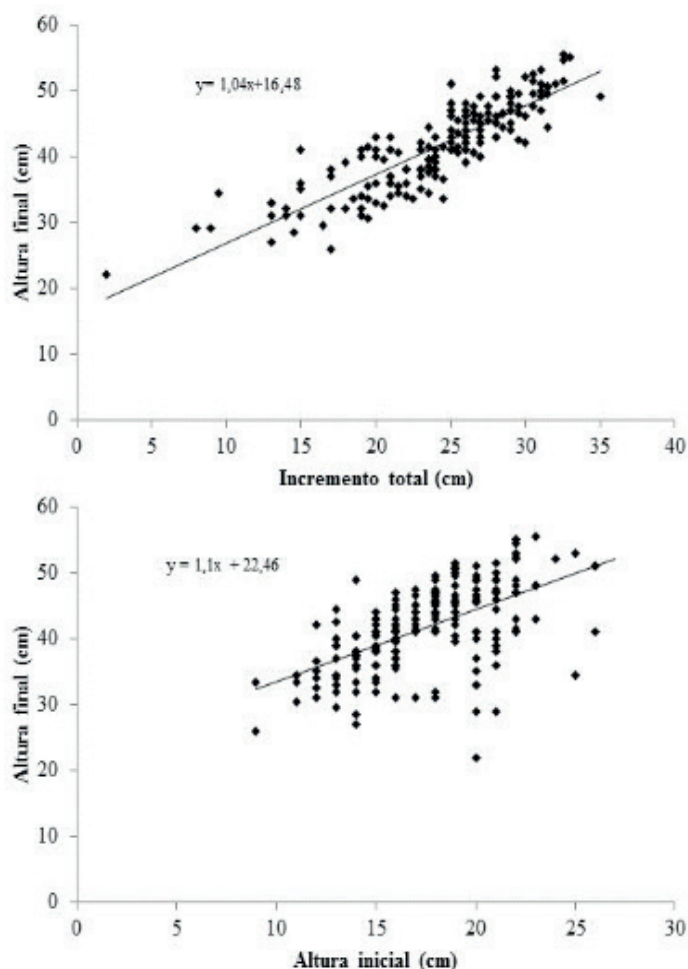


Figura 3 – Regressão linear entre (A) o incremento total (cm) e altura final (cm) e (B) a altura inicial e a altura final (cm). As equações das retas estão mostradas nas partes superior dos gráficos.

LOTE	Altura (cm)	1°PAR	2°PAR	3°PAR	4°PAR
1°	Mín - Máx	63 - 123	102 - 151	141 - 171	171 - 180
	Média ± D.P.	85 ± 18	117 ± 15	154 ± 9,5	178 ± 3,7
2°	Mín - Máx	59 - 87	98 - 167	119 - 167	161 - 183
	Média ± D.P.	70 ± 7,8	110 ± 15	152 ± 11	173 ± 9,8
3°	Mín - Máx	64 - 105	97 - 134	124 - 169	169 - 184
	Média ± D.P.	76 ± 10,9	113 ± 9,3	153 ± 9,2	179 ± 6
4°	Mín - Máx	59 - 133	98 - 147	117 - 162	153 - 184
	Média ± D.P.	72 ± 15	107 ± 11	142 ± 14	179 ± 8
5°	Mín - Máx	51 - 109	87 - 159	123 - 181	159 - 184
	Média ± D.P.	70 ± 13	105 ± 15	150 ± 49	178 ± 8
6°	Mín - Máx	59 - 119	91 - 155	140 - 177	177 - 183
	Média ± D.P.	78 ± 19	110 ± 21	145 ± 12	182 ± 2

Tabela 3—Valores mínimos (Mín) e máximos (Máx), médias e desvio padrão (D.P.) do número de dias do desenvolvimento de pares de folhas de plântulas de *R. mangle* cultivadas no viveiro do Projeto Manguezário - RJ.

Fruehauf 2005, analisando plantios diretos de propágulo de *R. mangle* na baixada Santista, não encontrou correlação entre as dimensões do propágulo e da muda após cerca de um ano de desenvolvimento, utilizando-se propágulos com um comprimento inicial total de 33,69 cm em média. Neste estudo, encontramos que os lotes apresentaram diferenças significativas quanto ao tamanho e crescimento dos propágulos. Os lotes com tamanho maior apresentaram incremento maior e tamanho final quando comparados aos lotes com propágulos menores. De maneira geral, propágulos mais altos tiveram maior incremento e cresceram mais. Os propágulos que emitiram em menos dias o 1º e 2º par de folhas foram aqueles com maior incremento de 0 a 3 meses e existe uma relação fraca entre o incremento de 3 a 6 meses e o 4º par de folhas. Sendo assim, parece existir uma relação direta do tamanho inicial do propágulo e a sua taxa de crescimento.

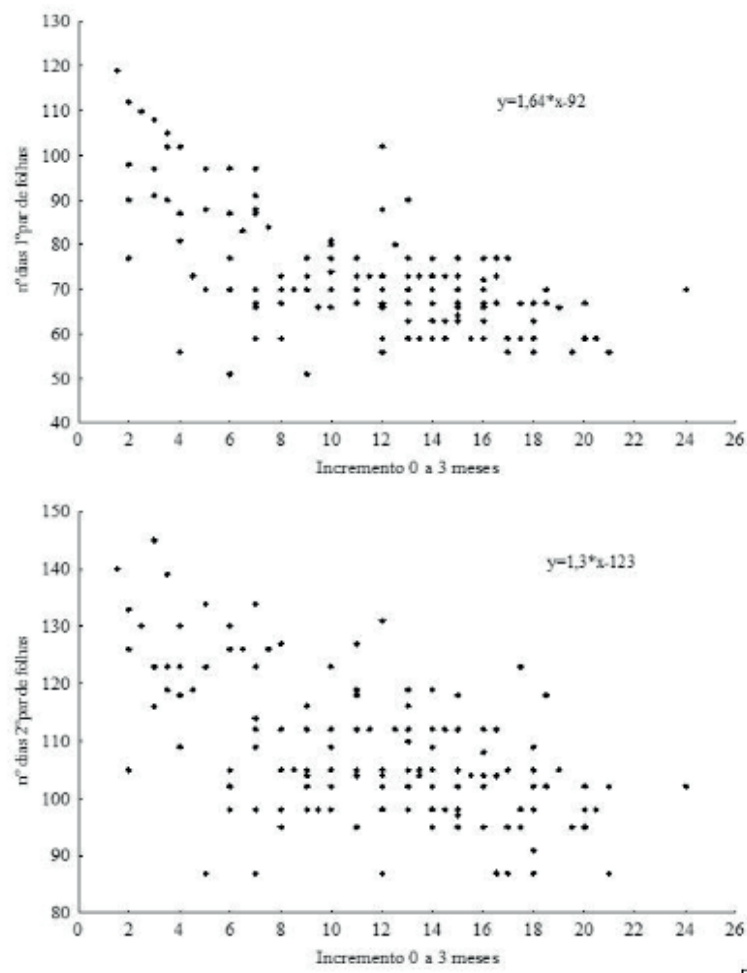


Figura 4- Relação entre o incremento de 0 a 3 meses (cm) e o número (nº) de dias para o aparecimento do 1º par de folhas. As equações das retas estão mostradas nas partes superior dos gráficos.

No entanto, não encontramos relação entre o comprimento do propágulo e sua

sobrevivência. Davis (1940) afirma que há uma relação entre a massa do propágulo e a sua sobrevivência. Se assumirmos que existe uma relação entre a massa e o comprimento, nossos resultados não concordam com o trabalho supracitado, no entanto, esta é uma hipótese a ser testada.

Sendo assim, consideramos que o comprimento e o número de dias de desenvolvimento do propágulo podem ser bons indicadores da viabilidade destes para o plantio in natura, sendo o tamanho ideal atingido entre 141 a 180 dias com um tamanho médio de 37 ± 5.2 cm. Estas recomendações estão dentro da faixa da recomendada por Duke e Allan 2006 e Catié 1998. Experimentos que avaliem a sobrevivência dos propágulos de maior massa (Davis 1940) e de maior tamanho são necessários para saber se a mortalidade em campo pode ser diminuída.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao professor Leomar Valença, o Centro Universitário da Cidade e a Manglares Consultoria Ambiental Ltda pelos recursos financeiros utilizados no projeto Manguezário. Agradecemos aos alunos Carla Chaves, Carla Oliveira, Wirys Reis do Centro Universitário da Cidade/Gama Filho, pela grande contribuição na preparação das plântulas e no monitoramento das mesmas.

REFERÊNCIAS

- Ambiental 2002. Solução integrada de reabilitação ambiental da Lagoa Rodrigo de Freitas, Canal do Jardim de Alah e praias do Arpoador, Ipanema e Leblon. Rio de Janeiro: Ambiental Engenharia e Consultoria Ltda. 1248 p.
- Andreatta, J. V.; Marca, A. G.; Soares, C. L. & Santos, R. S. 1997. Distribuição mensal dos peixes mais representativos da Lagoa Rodrigo de Freitas, Rio de Janeiro, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, v. 14(1): 121-134.
- Catié, C.D.C. 1998. *Rizophora mangle*. Nota Técnica sobre Manejo de sementes florestais. nº 48: 1-2.
- Dos Santos, C. S. 2013. Avaliação do crescimento de propágulos da *Rhizophora mangle* sujeito a diferentes salinidades em cultivo realizado em viveiro em Praia Grande-SP. 13º Congresso Nacional de Iniciação Científica, Faculdade Anhanguera de Campinas, Anais do Conic-Semesp. Vol.1.
- Duke, N.C. and Allan, J.A. 2006. *Rhizophora mangle*, *R. samoensis*, *R. racemosa*, *R. x harrisonii* (Atlantic - East Pacific mangrove) *Rhizophoraceae* mangrove family. Species profile for Pacific Island Agroforestry. version 2.1. disponível em www.traditionaltree.org, acessado em 09/06/2015.
- Field, C. D. 1996. La Restauracion de ecosistemas de manglar. Okinawa, Japón: Sociedade Internacional para Ecosistemas de Manglar, 278 p.
- Fruehauf, S.D. 2005. *Rizophora mangle* (mangue vermelho) em áreas contaminadas de manguezal na baixada Santista. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, São Paulo, 223p.
- FEEMA. 1980. (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente). Relatório técnico sobre manguezal. RT 1123. Rio de Janeiro: FEEMA, 61 p.
- Gesamp, S.D 2001. Planning and management for sustainable coastal aquaculture development. IMO/

Kjerfve, B. and Lacerda L. D. 1993. Mangrove of Brazil in Technical report of the project conservation and sustainable utilization of mangrove forest in Latin American and Africa Regions. Part I. ISME: 245-272.

Jiménez, J.A.Y. and Lugo, A.E. 2000. *Rhizophora mangle* L. Previamente publicado en inglés: Jiménez, Jorge A. [s.f.]. *Rhizophora mangle* L. Red mangrove. SO-ITF-SM-2. New Orleans, LA, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Pp. 450-455.

Lacerda, L.D.; Araújo, D.S.D. and Maciel, N.C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. In: van der Maarel E. (ed). *Dry coastal ecosystems: Africa, America, Asia, Oceania*. Elsevier, Amsterdam, 250 pp.

Lacerda, L. D.; Conde, J. E.; Kjerfve, B.; Alvarez-León, R.; Alarcón, C. and Polania, J. *American Mangroves*. In: Lacerda, L. D. 2001. *Mangrove Ecosystems. (Function and Management)*. Berlin: Springer, Pp 1- 62.

Martinuzzi, S.; Gould, W. A.; Lugo, A. E. and Medina, E. 2009. Conversion and recovery of Puerto Rican mangrove: 200 Years of change. *Ecology Management*, v.257: 75-84.

McKee, K.L. 1995. Seedling recruitment patterns in a Belizean mangrove forest: effects of establishment ability and physico-chemical factors. *Oecologia*. 101.4: 448-460.

Menezes, G.V.; Schaeffer-Novelli, Y.; Poffo, I.R.F.; and Eysink, G.G.J. 2005. Recuperação de manguezais: um estudo de caso na Baixada Santista de São Paulo, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*. 9.1: 67-74.

Menezes, L.F.T.; Peixoto, A.L. and Maciel, N.C.A. 2000. Riqueza ameaçada dos manguezais. *Ciência Hoje*. v. 27: 63-67.

Padrón, C. M. 1997. Restauración de ecosistemas de manglar en Cuba: estudio de caso de Provincia Habana. In: Field, C., Ed *Larrestauración de ecosistemas del manglar*, OIMT & ISME: 176-186.

Rangel, C.M.A. 2002. *Sedimentologia e Geomorfologia da LRF - RJ*. Monografia de Graduação, Departamento de Geografia / UERJ, São Gonçalo.

Rezende, C. A.; Lacerda, L. D.; Bernini, E.; Silva, C. A. R.; Ovalle, A. R. C. and Aragon, G. T. 2009. *Ecologia e Biogeoquímica de manguezal*. In: PEREIRA, R. C. and SOARES, M.G. (Orgs.). *Biologia marinha*. Rio de Janeiro: Interciência, Pp. 361-382.

Schaeffer-Novelli, Y. 1993. Grupo de ecosistemas: Manguezal, Marisma e Apicum. http://www.anp.gov.br/meio/guias/5round/refere/manguezal_marisma_apicum.pdf. Acessado em 14/08/2015.

Schaeffer-Novelli, Y. 1995. *Manguezal: Ecosistema entre a Terra e o Mar*. Caribbean Ecological Research. São Paulo, 64pp.

Semads (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). 2001. *Ambiente das Águas no Estado do Rio de Janeiro*. Cooperação Técnica Brasil–Alemanha. Projeto PLANAGUA - Semads/GTZ. 229 pp.

Vanegas, S.H. 2013. Protocolo para la reproducción de Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en vivero. Disponível em: http://www.pronaturaveracruz.org/ecoforestal/galerias/documentos/reproduccion_mangle_rojo.pdf, acesso em 01/06/2015.

Zar, JH. 2010, *Biostatistical analysis*. 4rd. ed. Prentice Hall, New Jersey.

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UMA INDÚSTRIA GRÁFICA COM ENFOQUE EM PRODUÇÃO MAIS LIMPA (P+L): ESTUDO DE CASO NO ESPIRITO SANTO

Paulo Vitor Reis Kaminice

Universidade Federal do Espírito Santo,
Programa de Pós-graduação em Engenharia e
Desenvolvimento Sustentável – PPGES
Vitória – Espírito Santo

Gilson Silva Filho

Universidade Federal do Espírito Santo,
Programa de Pós-graduação em Engenharia e
Desenvolvimento Sustentável – PPGES
Vitória – Espírito Santo

Rosane Hein de Campos

Universidade Federal do Espírito Santo,
Programa de Pós-graduação em Engenharia e
Desenvolvimento Sustentável – PPGES
Vitória – Espírito Santo

Edison Thaddeu Pacheco

Centro Universitário São Camilo
Vitória – Espírito Santo

RESUMO: No segmento industrial gráfico, dentre os impactos ambientais causados pela geração de poluição, a geração de resíduos sólidos torna-se fator preocupante, dado a relação de sua geração com o desperdício de matérias-primas, aumento de custos de produção e reduzida eficiência no processo industrial, o que exerce influência sobre a valoração do produto final, sobre a rentabilidade econômica destes produtos e a competitividade da indústria no mercado. Desta forma, a

otimização da produção industrial é fator decisivo para competitividade e permanência no mercado.

Assim, o objetivo desta pesquisa foi diagnosticar o gerenciamento de resíduos sólidos com enfoque nas premissas da metodologia de P+L em uma indústria gráfica localizada no estado do Espírito Santo e implementar um Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) visando a otimização da produção industrial, equilíbrio sustentável dos processos e redução da geração de resíduos sólidos. A contribuição do PGRS pode ser observada pelo desempenho positivo das ações implementadas, que resultou num equilíbrio entre o consumo de matérias-primas e a geração de resíduos sólidos, possibilitando agregar valor ao produto final

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de Resíduos Sólidos. Produção Mais Limpa. Indústria Gráfica.

WASTE MANAGEMENT IN THE PRINTING INDUSTRY FOCUSED ON CLEANER PRODUCTION (CP): A CASE STUDY IN ESPIRITO SANTO

ABSTRACT: Solid waste generation in the printing industries represents a serious problem, as well as being related to the reduce production performance, increase of production costs, material losses and also environmental aspects and impacts. Waste Management Plan

has become corporate strategy for industrial pollution prevention and correlates into optimization actions and continuous improvement in industrial process, associated to cleaner production (CP) methods and sustainable production practices. Therefore, the purpose of this research was, by the case study in the state of Espírito Santo, to diagnose waste management focusing on cleaner production methodology and legal prerogatives, also implementing the waste management plan. Waste Management Plan contribution can be observed by the positive performance in the industrial process, which resulted in an optimization between the consumption of raw materials and waste generation, adding greater value to the product also the addition of financial resources through recyclable waste sales. The synergy between waste management plan and cleaner production methodology improves the environmental performance, operational performance and optimized production process at printing industry.

KEYWORDS: Waste Management. Cleaner Production. Printing Industry.

1 | INTRODUÇÃO

A indústria gráfica é um segmento industrial dinâmico, envolve as atividades relacionadas com a reprodução de informações diversas e que passa por transformação imposta por um nicho de mercado altamente competitivo. A medida da evolução industrial e a necessidade de rapidez para divulgação e reprodução de impressos, é inerente ao processo industrial o aumento da geração de resíduos maior predisposição à poluição ambiental (NAIME; GARCIA, 2004).

O elevado volume de resíduo produzido, quando não gerenciado de forma correta, proporciona a diminuição de receita da indústria pelo desperdício de matérias-primas e a geração de poluição ambiental, sendo necessário o adequado gerenciamento destes para reduzir o desperdício e a poluição causada pelos resíduos produzidos, possibilitando proteger, conservar e melhorar a qualidade do meio ambiente, contribuir para a saúde humana, saúde ocupacional e assegurar uma utilização prudente e racional dos recursos naturais, bem como promover valor sustentável agregado ao produto final industrial (SIMIÃO, 2011).

A Produção Mais Limpa (P+L) é uma importante aliada ao gerenciamento dos resíduos sólidos, pois trata da aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos, visto que possui como objetivo aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (CNTL, 2003; ABIGRAF, 2009; BOUSQUIM; ESTERMAN; ROTHENBERG, 2011; PIMENTA; GOUVINHAS, 2012).

Considerando a geração de resíduos como fruto da ineficiência dos processos, a P+L evidencia-se como instrumento de fomento à melhoria contínua das atividades produtivas, podendo abarcar desde as tecnologias empregadas nos processos até a própria gestão da empresa (LIMA; RUTKOWSKI, 2009), o que corrobora com Bare e

outros (2000), em que destacam o gerenciamento de resíduos sólidos como ferramenta para otimização e controle dos processos industriais, e também redução de impacto ambiental.

Desta forma, visando maior produtividade, menor desperdício, redução na geração de resíduos sólidos e da poluição em geral este estudo de caso teve com finalidade avaliar o desempenho do gerenciamento de resíduos sólidos alicerçados às práticas da P+L direcionadas à realidade de uma indústria gráfica de pequeno porte localizada no município de Vila Velha, estado do Espírito Santo, com consumo mensal médio de 320 toneladas de matéria-prima, conduzindo à prática rotineira de ações ambientais e adoção de valores ecoeficientes, possibilitando agregar valores ao ambiente de trabalho, ao processo industrial e ao produto final.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa se caracterizou como exploratória por meio de um estudo de caso, como guia para o desenvolvimento de procedimentos com finalidade de obter novas descobertas, esclarecer decisões e descrever na prática distintos aspectos da gráfica em estudo (VERGARA, 2000; GIL, 2008; YIN, 2009).

Foi realizado a caracterização da indústria gráfica e o diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos, este sob enfoque das premissas da metodologia de P+L, com observação direta intensiva do processo industrial, o que fundamentou a elaboração do PGRS, sua implementação e monitoramento num período total de 7 meses, tendo-se a análise quantitativa de geração de resíduos sólidos como parâmetro de referência para avaliação do desempenho das ações implementadas e melhorias alcançadas.

Com o propósito de obter parâmetros comparativos relacionados à produção industrial e de modo a caracterizar uma confiabilidade nos dados quantitativos, definiu-se no diagnóstico as matérias-primas (MP) como sendo papel e tintas, e quanto aos resíduos sólidos, devido ao alto grau de heterogeneidade, associou-se os tipos diversos de resíduos sólidos gerados conforme sua classificação (NBR 10.004/2004), definidos como resíduos sólidos não contaminados (RS-NC), resíduos sólidos diversos contaminados (RS-DC), resíduos sólidos recicláveis, estes divididos entre resíduos de papel/papelão e resíduos de chapas metálicas.

Considerando o processo contínuo de coleta e avaliação de dados pelo diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos com enfoque em P+L, adotou-se conforme diretrizes da NBR ISO 14.031/2004 o Indicador de Desempenho Operacional (IDO) para a avaliação do desempenho das ações implementadas e melhorias alcançadas: indicador da geração de resíduos sólidos por matéria-prima, indicador do tipo de destinação final ambientalmente adequada, indicador de ecoeficiência quanto ao consumo de matérias-primas e insumos.

3 | RESULTADOS

3.1 Geração de resíduos pela indústria gráfica

As ações do gerenciamento de resíduos sólidos com enfoque na P+L pode desenvolver um novo comportamento produtivo, com aproveitamento máximo de matérias-primas e insumos, com a adoção de valores ecoeficientes e resultados, onde observa-se na Figura 01 – Gráfico de geração de resíduos sólidos, a redução da geração de resíduos sólidos e o equilíbrio da geração a partir do terceiro mês de implementação do PGRS.

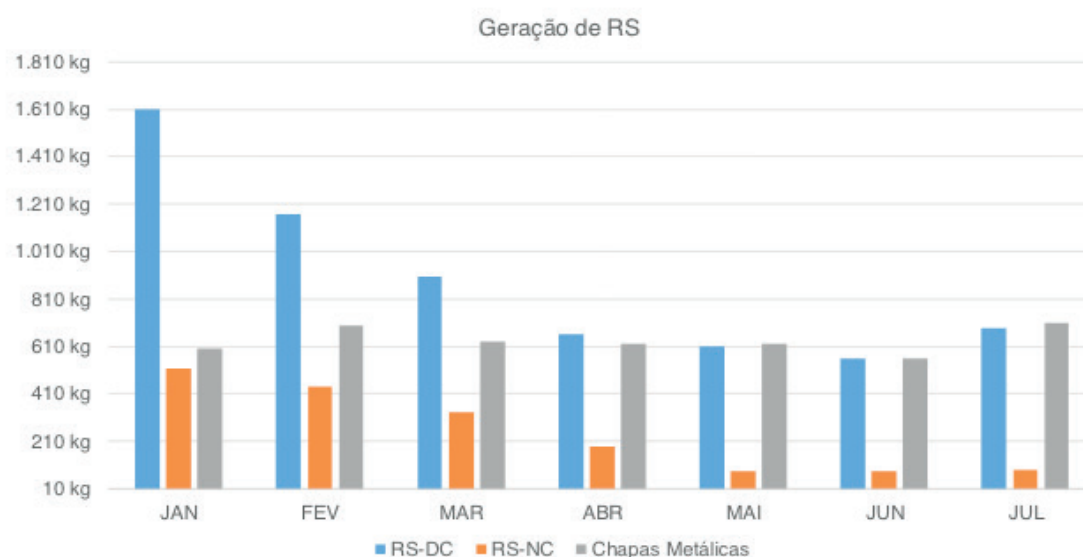


Figura 01 - Gráfico de geração de resíduos sólidos

Ao decorrer do monitoramento, os resíduos sólidos diversos contaminados (RS-DC) apresentou ligeiro aumento no mês de julho, podendo-se inferir no aumento do uso de tintas devido a um tipo exclusivo de produto, como encartes, panfletos e outros, contudo nota-se que o valor total mensal da geração de resíduos sólidos não distancia-se do valor médio de geração.

Quanto a geração de resíduos sólidos de papel/papelão, o gráfico abaixo (Figura 02) apresenta os valores de geração comparados com o consumo de papel (couche, offset e cartão).

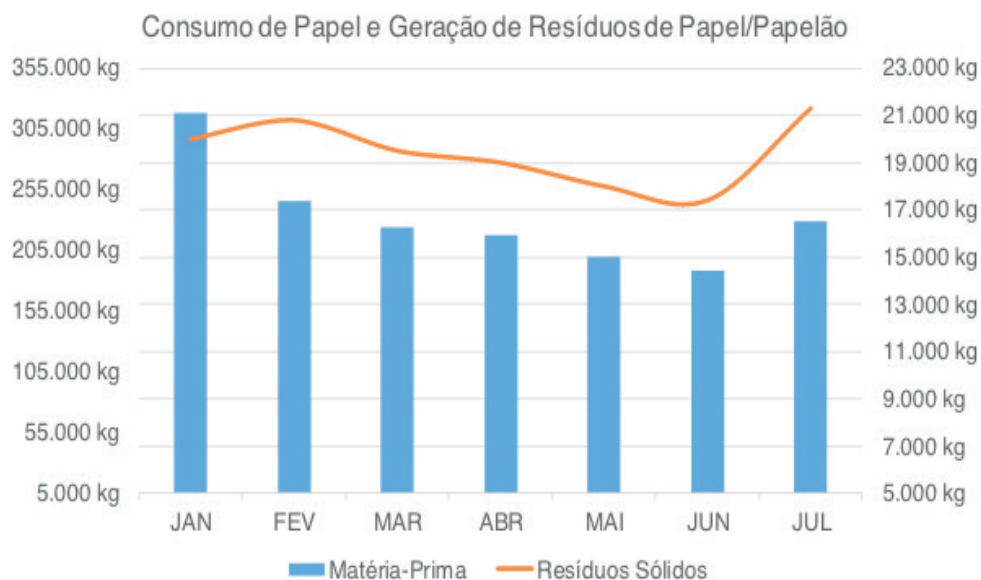


Figura 2 - Gráfico de consumo (matéria-prima) x RS de Papel/Papelão

Pode-se inferir que o valor referente ao primeiro mês de monitoramento não representa a efetiva implantação do PGRS com enfoque nas premissas de P+L, visto que por hábito dos colaboradores, parte destes resíduos sólidos eram misturados com resíduos diversos da área administrativa e destinados como resíduo doméstico. Este indício reforçou a aplicação de treinamento e motivação junto aos colaboradores, adotando ao resíduo industrial valor e importância comercial, bem como o atendimento às prioridades de destinação final ambientalmente correta conforme legislação, procedendo, portanto, com a educação ambiental dos trabalhadores em acordo com a Lei nº 9.795 de 27/04/1999.

3.2 Desempenho da implementação do PGRS

A divulgação das informações, acompanhamento das atividades, envolvimento dos funcionários e sinergia das ações em prol de objetivo comum resultou em uma mudança da cultura organizacional com a incorporação da variável ambiental no dia a dia da empresa, observados pelo pesquisador e ações efetivadas ao início do monitoramento e desenvolvimento participativo dos processos aplicados à realidade do empreendimento, solidificadas a partir do terceiro mês da implementação.

Com o conhecimento claro dos envolvidos sobre os processos internos e integração entre as áreas de produção, adoção de novos padrões e atitudes proativas quanto à maximização da segregação dos resíduos sólidos, o indicador de desempenho da implementação do PGRS (figura 04) apresenta a redução na geração de resíduos sólidos não contaminados (RS-NC) e a tendência ao equilíbrio do processo de produção e relação entre geração de resíduo x consumo de matéria-prima.

Quanto aos resíduos sólidos diversos contaminados (RS-DC), observa-se a redução de sua geração no processo industrial. Dentre as ações de melhoria e busca por alternativas de destinação final, em acordo com as prioridades estabelecidas na

PNRS, destaca-se a alteração do tratamento dado aos resíduos perigosos com maior volume de maior geração, sendo respectivamente panos/estopas contaminadas.

Apartir do mês de Abril os panos/estopas contaminados deixaram de ser destinados à aterro industrial e passaram a ser encaminhados para lavagem e descontaminação em empresa especializada e retornados à indústria gráfica para reuso, o que resultou na redução de 0,16% para 0,04% de geração de RS-DC, observando a estabilização nos valores de geração nestes meses.

A redução da geração dos tipos de resíduos sólidos atende ao princípio básico da metodologia de P+L e de um PGRS, assim como as prioridades da PNRS como a redução da geração e reciclagem.

O indicador de resíduos de Papel/Papelão apresentou crescimento, podendo-se inferir na mudança de cultura organizacional, segregação deste resíduo e posterior venda do material.

Da mesma forma quanto a análise da geração dos resíduos de papel/papel houve aumento no valor dos resíduos de chapas metálicas e que tenderam a um valor médio de geração de 0,30%. Ressalta-se que ao início do monitoramento os resíduos de chapas metálicas não eram segregados em sua totalidade, tendo destinação final dada junto a outros demais tipos de resíduos sólidos.

A partir da correta e eficaz segregação, estes resíduos sólidos passaram a ser destinados para indústria recicladora, também agregando receita ao empreendimento com sua venda.

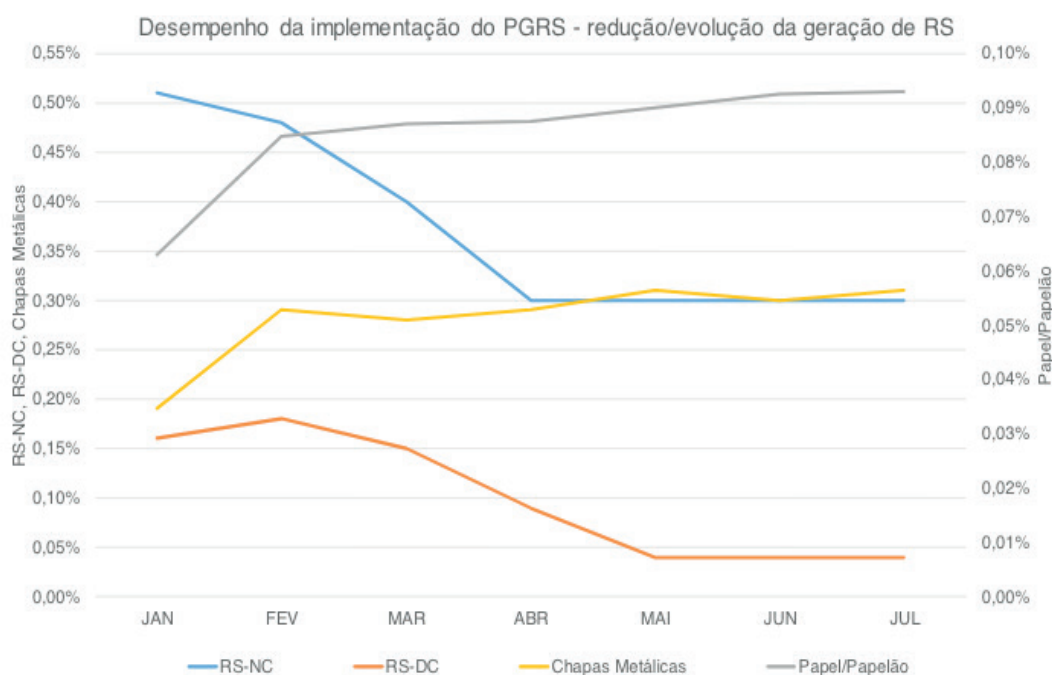


Figura 3 - Gráfico de desempenho da implementação do PGRS

Conforme apresentado na Figura 3, observa-se que os índices (percentuais) de geração apresentam uma tendência ao equilíbrio no processo industrial, proporcionado

pela otimização do processo industrial e sequente redução da poluição ambiental, o que corrobora os estudos de Hinz; Valentina e Franco, (2006); Wang; Yan e Hu (2016).

Pode-se inferir que todas as ações da implementação do PGRS, destacando a adoção dos valores ecoeficientes pelos envolvidos, avaliando o resultado como satisfatório, com efetiva maximização do uso de todos os recursos necessários à atividade produtiva, sendo, portanto, aceitável e recomendado o aumento dos valores referentes à geração de resíduos sólidos recicláveis.

3.3 Destinação ambientalmente adequada

As ações de segregação e armazenamento dos resíduos sólidos devidamente identificados e dispostos de modo organizado possibilitaram reduzir a destinação para aterro industrial classe II (resíduos sólidos não contaminados – RS-NC), destinação em aterro industrial classe I (resíduos sólidos contaminados – RS-DC) e aumento dos resíduos sólidos encaminhados para reciclagem, sendo apresentado na Figura 4 o gráfico de desempenho quanto à forma de destinação final dos resíduos sólidos.

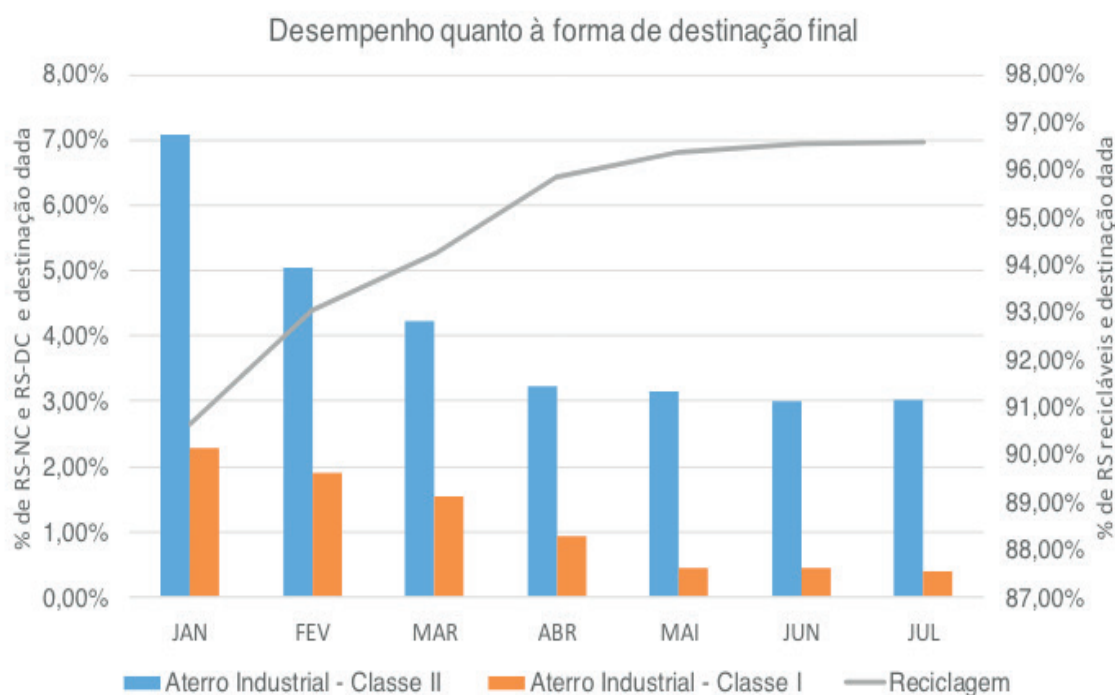


Figura 4 - Gráfico de desempenho quanto à forma de destinação final dos RS

Com a correta e efetiva segregação dos resíduos sólidos, realizou-se a valoração dos resíduos sólidos recicláveis e oportunidades de reuso, e geração de receita com a venda destes resíduos sólidos.

As formas de destinação final atende satisfatoriamente as premissas legais e normativas, reduzindo de modo geral custos com destinação final e ainda possibilitou a geração de receita com a comercialização dos resíduos sólidos recicláveis, avaliando-se como efetiva e satisfatória o tipo de destinação final ambientalmente adequada

3.4 Ecoeficiencia quanto ao consumo de matéria-prima e insumos

Incorporada ao PGRS as premissas de P+L, o empreendimento adotou a substituição de todas as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de LED, substituição dos aparelhos de ar condicionado para novos com selo de melhor nível de eficiência energética. Nesta ideia, o empreendedor aderiu à oportunidade de melhoria diagnosticada quanto a mudança da tecnologia de sistema de gravação das chapas metálicas. Este novo sistema possibilitou a gravação e a sensibilização do material com fotolito já aderido à chapa por vácuo, eliminando a utilização de água no processo de revelação.

Apresenta-se na Figura 5 o gráfico de ecoeficiência do processo industrial, observando as efetivas ações de implementação do PGRS, proporcionando otimização do processo industrial e a sustentabilidade ambiental da Gráfica VV, o que atende a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e corrobora com Kubota; Campos; Cauchick-Miguel, 2014; Klemes; Varbanov; Huising, 2012; Silva; Medeiros, 2004; Cagno; Trucco; Tardini, 2005; Chavan, 2005.

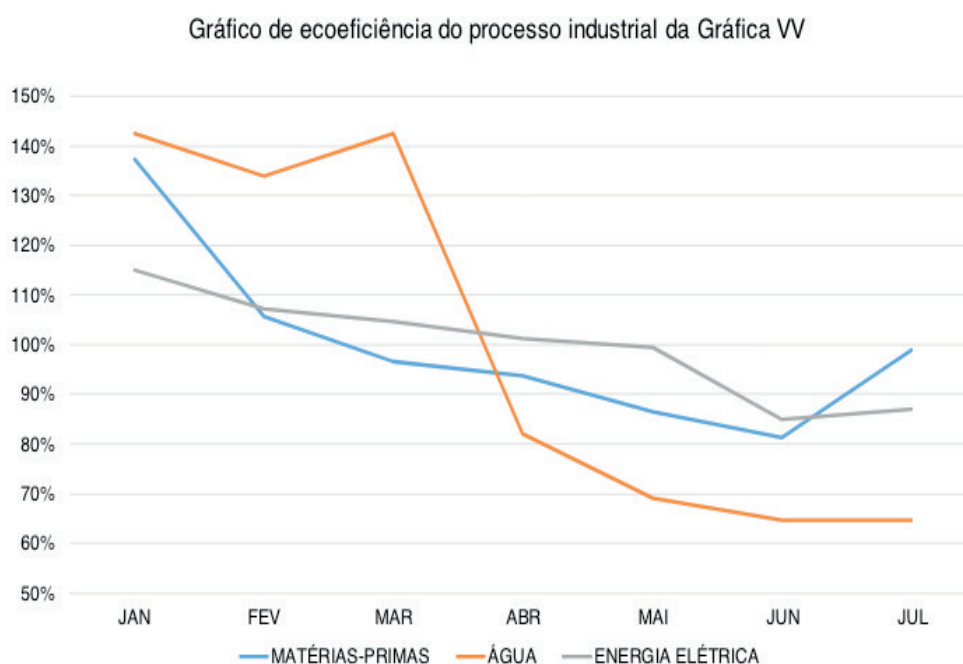


Figura 5 - Gráfico de ecoeficiência do processo industrial

Avalia-se as ações proativas e efetivas em relação ao atendimento a legislação, da redução e controle de consumo de insumos e matérias-primas, e da sustentação das vantagens competitivas enfatiza a integração positiva dos sistemas de gestão (P+L e PGRS), levando a Gráfica VV à prática da responsabilidade socioambiental.

4 | CONCLUSÃO

A partir do diagnóstico realizado foi possível identificar que a empresa não atendia aos requisitos mínimos quanto ao controle da poluição e imperativos legais, apresentando cenário para pesquisa e estudo.

A implementação do PGRS com enfoque na P+L serviu como instrumento de aperfeiçoamento da operacionalização da Gráfica VV, ao ponto de minimizar os impactos ambientais e econômicos inerentes ao seu funcionamento, devido a melhoria organizacional, aumento da ecoeficiência produtiva, atendimento as prerrogativas legais dos órgãos fiscalizatórios, redução de custos e aumento de competitividade no mercado, além de permitir valor agregado ao produto final, alcançando todos os objetivos propostos nesta pesquisa.

Salienta-se que o método utilizado foi capaz de combinar fatores como atitude (valores) e comportamento, resultando no progresso quanto às ações de implementação do PGRS e implementação de demais ações ligadas à P+L e com a internalização dos conceitos metodológicos a Gráfica VV teve a oportunidade de entender a importância do gerenciamento dos resíduos sólidos e observação de oportunidades de melhorias dos processos para redução dos impactos ambientais e econômicos, proporcionando adoção de estratégias de mercado e, em longo prazo, um caminho para sustentabilidade do empreendimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA GRÁFICA - ABIGRAF. **Estudo Setorial da Indústria Gráfica no Brasil**. São Paulo, SP. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT – ABNT NBR ISO 10.004: **Classificação de Resíduos**. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **ABNT NBR ISO 14.031: Avaliação de desempenho ambiental - Diretrizes**. Rio de Janeiro, 2004.

BARE, J., HOFSTETTER, P., PENNINGTON, D., & UDO DE HAES, H. Midpoints versus endpoints: **The sacrifices and benefits**. Life cycle impact assessment workshop summary. International Journal of Life Cycle Assessment. 2000.

BOUSQUIN, JUSTIN; ESTERMAN, MARCOS; ROTHENBERG, SANDRA. **Life cycle analysis in the printing industry: a review**. 2011. Acessado em 14 de fevereiro de 2017. Disponível em: <http://scholarworks.rit.edu/books/93>.

CAGNO, E.; TRUCCO, P.; TARDINI, L. **Cleaner production and profitability: analysis of 134 industrial pollution prevention (P2) project reports**. Journal of Cleaner Production. v. 13, n. 6, p. 593-605, maio. 2005.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA LIMPAS, SENAI-RS - CNTL. **Série de Manuais de Produção Mais Limpa - Questões Ambientais e Produção mais Limpa**. Porto Alegre: UNIDO / UNEP / CNTL, 2003.

CHAVAN, M. **An appraisal of environment management systems: a competitive advantage for**

small businesses. Management of Environmental Quality: An International Journal. v. 16, n. 5, p. 444-463, 2005.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6 ed. São Paulo: Atlas, 200 p. 2008.

HINZ, Roberta Tomasi Pires; VALENTINA, Luiz V. DALLA, Ana Claudia Franco. **Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida.** Estudos tecnológicos - Vol. 2, n° 2:91-98. 2006.

KLEMĚS, J. J.; VARBANOV, P. S.; HUISING, D. **Recent cleaner production advances in process monitoring and optimization.** Journal of Cleaner Production, v. 34, p. 1-8, 2012.

KUBOTA, F. I.; CAMPOS, M. S.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. **Uma análise preliminar das contribuições da modularidade em produto ao Ecodesign.** Produção Online, v. 14, n. 2, p. 560-592, 2014.

LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. **Evolução das abordagens ambientais industriais. In: International Workshop Advances in Cleaner Production.** São Paulo. Anais eletrônicos. São Paulo: UNIP, 2009.

NAIME, R.; GARCIA, A. C. A. **Percepção ambiental e diretrizes para compreender a questão do meio ambiente.** Novo Hamburgo: Feevale, 136p, 2004.

PIMENTA, Handson Claudio Dias; GOUVINHAS, Reidson Pereira. **A produção mais limpa como ferramenta da sustentabilidade empresarial: um estudo no estado do Rio Grande do Norte.** Produção Online, v. 22, n. 3, p. 462-476, maio/ago. 2012.

SILVA, G. C. S.; MEDEIROS, D. D. **Environmental management in brazilian companies.** Management of Environmental Quality: An International Journal. v. 15, n. 4, p. 380-388, 2004.

SIMIÃO, Juliana. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa.** Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento e Área de Concentração em Saneamento) — Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2011.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.** 3ed. São Paulo, Atlas, 2000.

WANG, L; YAN, K.; HU, C. **Cleaner production of inkjet printed cotton fabrics using a urea-free ecosteam process.** Journal of Cleaner Production, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.11.182. 2016.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE LA PROYECCIÓN A LO APLICABLE

Jessica Cecilia Chocho

Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Avenida 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo. Cuenca, Ecuador.

*Autor corresponsal: Email: jessicachocholeon@gmail.com

RESUMEN: El problema con el manejo de los residuos sólidos en América Latina ha evolucionado con los procesos de urbanización, dentro del panorama de los procesos de urbanización y globalización se encuentra a los Centros Comerciales, por formar parte representativa de las ciudades, siendo grandes generadores de residuos por lo que el incentivar a estos a reciclar sus residuos es una estrategia para minimizar el volumen en los rellenos sanitarios. Conocer la diferencia entre la proyección de un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos de un Centro Comercial y su aplicación real, brinda la posibilidad de proponer y ejecutar las opciones sustentables de los residuos sólidos para su aprovechamiento. El Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos de un Centro Comercial de la Ciudad de Cuenca fue elaborado de acuerdo a lo obtenido en la caracterización realizada en los meses de abril a junio y fue implementado en octubre, se comparó las variables (peso, volumen y cantidades monetarias) que fueron

una proyección con la implementación real del plan. Se obtendría que la proyección con los resultados obtenidos en el mes de noviembre tiene un porcentaje de 97.78% de exactitud, lo que demuestra que es aplicable, beneficioso en lo ambiental y en el aspecto económico para los Centros Comerciales.

PALABRAS CLAVE: Caracterización, globalización, plan de manejo de residuos sólidos, relleno sanitario, residuos sólidos.

RESUMO: O problema com o manejo dos resíduos sólidos na América Latina evoluiu com os processos de urbanização, dentro do panorama dos processos de urbanização e globalização, estão os Centros Comerciais, por ser parte representativa das cidades, sendo grandes geradores de resíduos por esse motivo, incentivar a reciclagem de resíduos residuais é uma estratégia para minimizar o volume nos aterros sanitários. Conhecer a diferença entre a projeção de um Plano de Manejo Integral de Resíduos Sólidos de um Centro Comercial e seu desenvolvimento real, nos dá a possibilidade de propor e executar as opções sustentáveis dos resíduos usados para aproveitamento. O Plano Integral de Manejo de Resíduos Sólidos de um Centro Comercial da Cidade de Cuenca, foi elaborado de acordo com a caracterização executadas nos meses de abril a junho e implementado em outubro, foi

comparado as variáveis (peso, volume e valor monetário) que adquirem uma projeção com a implementação real do plano. Conseguiríamos obter que a projeção com os resultados obtidos no mês de novembro tenha uma porcentagem de 97,78% de precisão, o que comprova que é aplicável, benéfico no meio ambiente e no aspecto econômico para os Centros Comerciais.

Palavras-Chave: Caracterização, globalização, plano de manejo de resíduos sólidos, aterro sanitário, resíduos sólidos.

INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los siglos las ciudades han pasado a ser un tema importante ya que han aumentado significativamente, este aumento genera que la dimensión espacial del crecimiento demográfico en los últimos tiempos sea considerada esencial para el futuro de los 7 000 millones de habitantes en el planeta. Se considera que el 70 % de la población mundial en la actualidad vive en zonas urbanas, esta es una situación que es intervenida por diferentes factores, uno de ellos son los procesos migratorios hacia centros urbanos, esto conduce a cambios en relación con el consumo de energía, agua, alimentos y materias primas. Además, se encuentra relacionado con el incremento de los niveles de contaminación, producto de la generación de electricidad, la generación de residuos urbanos, las emisiones de gases por el transporte y otros procesos de la complejidad urbana que provocan causas adicionales de una tensión ecológica y social importante (Pascual y Peña, 2012).

La fisonomía urbana ha sido transformada por el mundo globalizado, los procesos de globalización y reestructuración han ocasionado que los centros comerciales o malls pasen a ser uno de los espacios territoriales y símbolos distintivos, modificando diferentes aspectos como la arquitectura, lo comercial y el territorio simbólico de identidad (Bermúdez, 2008).

Los centros comerciales han ideado nuevos escenarios cambiando los hábitos culturales de consumo, se considera que los países de América Latina con más centros comerciales son: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, el 76% de los habitantes están concentrados en estas economías, con una población total de 461 millones de personas, de las cuales 84% vive en zonas urbanas. En el 2014, los seis países desarrollaron 1 555 centros comerciales en conjunto, equivalentes a más de 41 millones de metros cuadrados, lo que representa 87% del total de la oferta en la región (Conti y Madden 2016).

Los países de América Latina hasta el año 2014 contaban con aproximadamente las siguientes números de Centros Comerciales: México 584, Brasil 511, Colombia 196, Argentina 114, Chile 79, Perú 71 (Ruótulo et al., 2015).

Los Centros Comerciales tienen por objetivo facilitar los productos o artículos al consumidor, todo en un mismo lugar sin necesidad de que se necesite buscar en diferentes lugares de la ciudad. Los patios de comida son considerados los espacios

preferidos por los usuarios de los centros comerciales, este sector es considerado el más concurrido especialmente en horas picos que van de 13:00 a 16:00, en este espacio generalmente se encuentran cafeterías y/o dulcerías, locales de comida rápida, comida típica, pizzerías etc. Los Centros Comerciales han influenciado el consumo de comida fuera de sus hogares (Marwin y León 2015). “Según un estudio de Kantar World Planet realizado nivel América Latina refleja en sus datos que Ecuador ocupa el tercer lugar en la lista de los países donde las personas comen fuera de sus casas, después de Colombia y Perú, este es un hábito que ha hecho más atractivo para la inversión en el negocio de la comidas rápidas” (Marwin y León, 2015).

El manejo de residuos sólidos toma en consideración todas las actividades funcionales y operativas relacionadas con la manipulación de los residuos sólidos que van desde el lugar de generación hasta la disposición final de los mismos, siendo la generación la primera etapa del manejo de residuos sólidos y está directamente relacionada con el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones de consumo, el incremento de la actividad industrial y comercial y las condiciones climáticas, entre otros factores (Sáez y Urdaneta, 2014); siendo entonces importante el establecimiento de políticas que disminuyan la generación de desechos y fomenten el reciclaje para que la gestión de los residuos sólidos sea correcta (Pita y Díaz, 2012).

Los residuos generados en los hospitales, mercados y domicilios de la ciudad de Cuenca mediante la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca, EMAC EP, cuentan con un plan de manejo de residuos adecuados que incluyen la planificación de los servicios de recolección, así como la disposición adecuada de tales residuos. Otra investigación importante es el estudio de la caracterización de residuos sólidos del Centro Comercial Milenium Plaza, en este estudio se analizó la cantidad y la composición de los residuos sólidos, con la finalidad de desarrollar un plan integral para el manejo de residuos sólidos. Mediante la caracterización se pudo analizar que la cantidad de materia orgánica obtenida en este Centro Comercial es equivalente aproximadamente a que 256 domicilios entreguen separado su material orgánico, por lo tanto una estrategia de manejo es aprovechar la materia orgánica para la obtención de compost reduciendo así el volumen de residuos sólidos que llegan al relleno sanitario.

Existen diversas investigaciones de planes de manejo de residuos sólidos, es necesario dar a conocer los resultados que han tenido las mismas ya que con esto se demostrará que tan eficiente son estos estudios y si son aplicables en la realidad, además exponer las dificultades que han tenido durante la implementación, para que sea un modelo a seguir en futuras investigaciones.

El principal objetivo de este estudio es generar una visión de la proyección, su aplicación, y si es posible poner en acción un plan integral de manejo de residuos sólidos para los centros comerciales; se indicarán diferencias de la proyección y de la realidad, con la finalidad de aprovechar de una mejor manera estos recursos reutilizándolos y reciclándolos, contribuyendo así a la protección ambiental, al reducir la cantidad de residuos sólidos que se depositan en los rellenos sanitarios.

En esta investigación se podrá dar pautas para las futuras regulaciones a los centros comerciales de la ciudad de Cuenca sobre el manejo de residuos sólidos, generando normativas, y una nueva valoración para su cumplimiento.

METODOLOGÍA

El sitio de estudio está localizado en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. Se realizó la proyección del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, basado en los resultados de la caracterización de los residuos sólidos generados en el Centro Comercial Milenium Plaza, y fue realizada mediante muestreos de cuarteos, los mismos que se llevaron a cabo durante una semana de cada mes; por tres meses (abril, mayo y junio), con el fin de conocer la composición y la cantidad de los desechos sólidos generados.

El Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Centro Comercial Milenium Plaza, se implementó a partir del mes de Octubre de 2016; en el mes de noviembre se realizó la determinación de la nueva densidad de los residuos ya que el Plan considera que la materia orgánica sea utilizada en compost y humus, mientras que los materiales como plásticos, cartón, chatarra, vidrio, entre otros sean reciclados, dando como resultado una nueva densidad de los residuos sólidos.

El Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos de la proyección mensual de abril a junio se compara con lo alcanzado con la implementación en un Centro Comercial de la Ciudad en un mes de aplicación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos.

RESULTADOS

Se comparó las variables de peso (kg), volumen (m³) y cantidades monetarias que se generan en un mes, para los residuos comunes se estimó los valores diarios obtenidos en la caracterización y para las cantidades monetarias se sumaron los costos y se restó del ingreso, los datos reales se obtuvieron en un mes de aplicación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, se realizó además una actualización de la densidad de los residuos, ya que se extraen los materiales reciclables y orgánicos dando como resultado la disminución del volumen, peso y costo.

El cuadro 1 presenta la comparación de la proyección del estudio de implementación de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos y sus variables reales con la implementación.

VARIABLES		Proyección mensual			Real mes de Noviembre		
		Residuos			Residuos		
		Comunes	Reciclables	Orgánicos	Comunes	Reciclables	Orgánicos
Peso	(Kg)	9899,10	1200,90	8544,60	9876,36	1495	7997
Volumen	(m ³ /mes)	132	17,40	10,20	125,02	24,77	11,85

Cantidades Monetarias	Cantidad recibida por reciclar (\$)	0	220,87	0	0,00	153,74	0
	Costo por recolección y tratamiento (\$)	1214,53	0	300	1215,31	0	160
	Costo Reciclador (\$)	600			630,00		
	COSTO NETO (\$)	1893,66			1851,57		

Cuadro 1. Implementación de un Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos de la proyección e implementación real.

La densidad con la que se tenían registrados los Residuos Sólidos era de 0,125 Ton/m³, en la proyección se determinó que era de 0,0735 Ton/m³ y en la aplicación fue de 0,079 Ton/m³

Se analizó volumen, peso y cantidades monetarias en comparación del mes de octubre y noviembre del año 2016 con los datos del año 2015, ya que por ser un centro comercial los meses del año influyen en la concurrencia de los usuarios y por lo tanto consumo y comercio también, siendo los meses similares comparados con otros años, se realizó la comparación del mes de noviembre, ya que es considerado el mes más visitado y consumido por ser feriado en la Ciudad de Cuenca, esto nos da un panorama de que a pesar de ser un mes muy concurrido, se puede lograr cumplir con el Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos.

		Octubre	Noviembre		
		2015	2016	2015	2016
		Sin Plan	Con Plan	Sin Plan	Con Plan
					Actualización P.E
VOLÚMEN (m³)	Desechos Comunes	188,60	118,06	204,9904	125,02
	Residuos Reciclados	0	25,27	0	24,77
	Material Orgánico	0	9,05	0	11,85
PESO (kg)	Desechos Comunes	23574,6	14757,6	25623,8	9876,3588
	Residuos Reciclados	0	1604,00	0	1495,00
	Material Orgánico	0	6106,80	0	7997,00
Cantidades Monetarias (\$)	Cantidad recibida por reciclar \$	0	132,02	0	153,74
	Costo por recolección y tratamiento \$	2832,28	1816,44	3068,61	1215,31
	Costo transporte orgánicos	0,00	160,00	0,00	160,00

	Costo del reciclador	0,00	630,00	0,00	630,00
	COSTO NETO	2832,28	2474,42	3068,61	1851,57

Tabla 2. Residuos Sólidos con y sin Plan Integral de Manejo

Se comparó los resultados de los meses de octubre y noviembre del año 2015 en el que no se aplicaba el plan de manejo de residuos sólidos, con los de los mismos meses del año 2016 cuando ya se implementó el plan.

En el año 2016 con la implementación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos se puede observar la reducción del peso y volumen en comparación con el año 2015 en el que no existía el plan; en el mes de noviembre del año 2016 se actualiza la densidad de los residuos dando como resultado la disminución de costos.

Al analizar las diferencias la proyección de un plan integral de manejo de residuos sólidos basado en la caracterización y su implementación se obtuvo que existe un 97,78 % de aproximación de la proyección y su aplicación real.

DISCUSIONES

El presente estudio indica que la proyección de un plan integral de residuos sólidos basado en la caracterización es realmente aplicable y beneficioso tanto en el tema ambiental como en lo económico. Al analizar las diferencias la proyección de un plan integral de manejo de residuos sólidos basado en la caracterización y su implementación se obtuvo que existe un 97,78 % de aproximación de la proyección y su aplicación real.

Por las razones antes mencionadas se debe promover a los Centros Comerciales grandes generadores de residuos a seguir planes de manejo de residuos sólidos ya que de esta manera podremos reducir los residuos en los rellenos, una forma de incentivar a estos es mostrando reducción en sus costos y a al mismo tiempo la oportunidad de proteger el medio ambiente con una correcta gestión de sus residuos sólidos.

En Caracas se realizó un proyecto de reciclaje de papel en un el Instituto Pedagógico, se desarrolló dentro de un plan de manejo integrado de residuos sólidos, este programa inició en el año 2000 y es un modelo de gestión local, se obtuvo que los datos cuantitativos revelan los cambios positivos hacia el reciclaje de papel por el incremento en la participación y en el papel recolectado, manifestando que se recicló 1 000 kg de papel representando un ingreso económico, durante el año 2005 se duplico la cantidad de papel reciclado a 2 310 kg, este estudio demuestra que toda acción dirigida a la conservación del ambiente y al mejoramiento de la calidad de vida resulta positiva si se mantiene en el tiempo y se informa a los participantes, la información debe contar con datos cualitativos y cuantitativos para su verificación (Ponte, 2008). Basándonos en este estudio también podemos decir que un plan de manejo de residuos sólidos es aplicable no solo a los centros comerciales sino también a otros grandes generadores que actualmente no tienen una gestión de residuos adecuada.

REFERENCIAS

- Balladares, A. y Fernández, J. (2015) Análisis del comportamiento de consumo de bebidas en los patios de comidas de los Centros Comerciales en la ciudad de Guayaquil .Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador.
- Bermúdez, E. (2008) Malls: Territorios Y Objetos de Consumo Simbólico En La Construcción de Representaciones de Identidades Juveniles. *Revista Argentina de Sociología* 11(6), 96–120.
- Martínez, C. (2016) Oferta de Centros Comerciales en México. *Anuario Inmobiliario*, 166–67.
- Pascual, A. y Peña, J. (2011) Espacios Abiertos de uso público. *Arquitectura Y Urbanismo* 33(1), 25–42.
- Ruótulo, Carlos., Vigoya, Cristina., Juan. Rodríguez. (2015) Reporte 2015 de La Industria de Centros Comerciales en América Latina . México.
- Sáez, A., Urdaneta, G., Joheni, A. (2014) Manejo de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe.” *Omnia*, 20(3), 121–35.
- Ponte de Chacín, C. (2008) Manejo integrado de residuos sólidos: Programa de reciclaje. Instituto Pedagógico de Caracas. *Revista de Investigación*, 32(63).
- Suárez, Pita. y Junco, R.(2012) Plan Institucional de Manejo de Los Desechos Sólidos, Una Herramienta Para La Gestión Hospitalaria. *Revista Cubana de Higiene Y Epidemiología*, 50(3), 415–19.

POSSIBILIDADES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM CONDOMÍNIO VERTICAL

Manoel Thiago Nogueira da Silva Dantas

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Campina Grande - Paraíba

Monica Maria Pereira da Silva

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Campina Grande - Paraíba

Valderi Duarte Leite

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Campina Grande - Paraíba

RESUMO: A crise ambiental em que a sociedade atual se encontra provém da percepção quanto aos recursos naturais e do modelo de desenvolvimento que promove o consumo exacerbado, resultando na geração de resíduos sólidos, cuja destinação e disposição final vêm se tornando um grande fardo à capacidade de suporte do planeta. Objetivou-se avaliar a aplicação da gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical através da sensibilização dos condôminos utilizando estratégias de Educação Ambiental. A pesquisa, com características experimental e participante, realizada em condomínio vertical em Campina Grande – PB – Brasil envolveu 100% dos moradores. Dentre as estratégias utilizadas, destacou-se o desenvolvimento e distribuição de um aplicativo para dispositivos eletrônicos móveis, abordando a temática e motivando a participação dos moradores. A

coleta seletiva foi implantada na fonte geradora, os apartamentos, e o aplicativo foi instalado por uma parcela significativa dos abrangidos (31%). Os instrumentos de Educação Ambiental para gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical contribuíram para o alcance dos objetivos previstos: diminuir a quantidade de resíduos sólidos que se transforma em lixo, mitigar os impactos adversos e aumentar a quantidade de matéria prima que retorna ao setor produtivo.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Ambiental, Resíduos Sólidos, Educação Ambiental

POSSIBILITIES IN MANAGEMENT OF SOLID WASTE IN VERTICAL CONDOMINIUM

ABSTRACT: The environmental crisis in which the society finds itself starts at the perception about the natural resources, and the development model that promotes exacerbated consumption, resulting in crescent generation of solid residues, whose destination and final disposition became a great burden to the planetary support capacity. The objective was to evaluate the application of solid residues management in vertical condominium through the awareness raise of the residents. The research with experimental and participant characteristics performed in a vertical condominium in Campina Grande-PB-Brazil involved 100% of the residents.

Among the strategies used, it was highlighted the development and distribution of an application for mobile electronic devices, addressing the subject and motivating the participation of residents. The selective collection was adopted in the source, the apartments, and the application was installed by a significant portion of those covered (31% of the participants). The Environmental Education instruments for solid residues management in vertical condominium contributed to the achievement of the intended goals: reduction of the amount of solid residues that became waste, mitigation of adverse social and environmental impacts and increase of raw material that returns to the productive sector.

KEYWORDS: Environmental Management, Solid Residues, Environmental Education

1 | INTRODUÇÃO

A atual estrutura econômica e tecnológica da sociedade promove o fluxo progressivamente mais intenso de matéria, energia e, junto a estes, os respectivos resíduos gerados (KRÜGER, 2003). A disposição desses subprodutos tem se tornado tarefa de pungência crescente, visto que o modelo de descarte se mostra inadequado. Sabe-se, no entanto, que é possível promover o reaproveitamento e/ou a reciclagem de grande parte da matéria descartada como fonte de recursos, deixando de ser considerada como passivo ambiental.

No Brasil, a destinação dos resíduos sólidos ainda é um grande desafio aos gestores públicos e à sociedade. Segundo pesquisas realizadas pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2016) e pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (BRASIL, 2017), em 2015 foram gerados no Brasil mais de 77 milhões de toneladas naquele ano. Percentual de 9,2% (mais que 7 milhões de toneladas) não foi coletado, descartada diretamente no ambiente sem nenhum tratamento. Do coletado, apenas uma fração de 58,7% foi disposta em aterros sanitários.

A falta de gestão desses resíduos acarreta grandes impactos negativos. Em relação aos aspectos ambientais, pode ocorrer o comprometimento da qualidade da água, do solo, e do ar, em virtude da presença de compostos voláteis ou materiais patogênicos. A decomposição da matéria orgânica resulta na formação de chorume, que pode contaminar o solo e as águas superficiais ou subterrâneas. Também é possível a formação de gases tóxicos, asfixiantes e explosivos que se acumulam no subsolo ou são liberados na atmosfera e, em longo prazo, podem contribuir para alterações climáticas. Materiais expostos tornam o ambiente propício à proliferação de vetores, afetando a saúde humana (GOUVEIA, 2012).

O constante crescimento populacional e o conseqüente consumo acelerado de produtos e da intensa produção de resíduos sólidos apresentam um desafio, em especial para os países em desenvolvimento, para o qual as atuais técnicas e estratégias empregadas não são totalmente eficientes, exigindo um sistema adequado

de gestão integrada de resíduos sólidos. Este, dependendo fortemente da associação entre elementos funcionais – geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final – e características estratégicas – mobilização social, participação, tecnologia, governança e recursos financeiros (GUPTA; MISRA, 2014). O planejamento estratégico e o arcabouço legal fortemente estruturados contribuem para o desenvolvimento deste tipo de estrutura (ASASE et al., 2009).

A Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010) é um importante marco legal nesse assunto, pois instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ferramenta que orienta a construção de instrumentos de gestão dos resíduos sólidos, estimulando a adoção de ações que integrem vários atores sociais na busca de soluções para o problema dos resíduos sólidos, incluindo os próprios consumidores/geradores.

Na cidade de Campina Grande, situada no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, a Lei Complementar 87/2014, que instituiu a Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos – PMGIRS (CAMPINA GRANDE, 2014) – foi elaborada tendo em vista a redução da produção e a participação adequada do gerador, segundo as diretrizes estabelecidas pela lei federal 12.305/2010.

A falta de seleção na fonte dificulta o trabalho de catadores de materiais recicláveis e proporciona-lhes uma qualidade de vida inferior, assim como promove uma perda maior de material que poderia ser recuperada e acaba por ser inapropriadamente encaminhada a aterros sanitários e lixões (MAIA et al., 2013). Além desse problema, e talvez como causa, está a falta de incentivo de governos para a formação de mercado para comercialização de materiais recicláveis e à organização formal de profissionais, o que aumentaria a taxa de reciclagem desses resíduos (MINGHUA et al., 2009).

A gestão dos resíduos sólidos em condomínio pode trazer, de imediato, melhorias de qualidade de vida aos condôminos. Além disso, um sistema estruturado de gestão dos resíduos pode também promover melhorias econômicas e ambientais amplas (TURATTO, 2004), como a redução do descarte de matéria orgânica e a valorização do material reciclável e dos catadores de materiais recicláveis, que participam ativamente no processo de recolhimento de resíduos sólidos urbanos. A implantação de um processo de coleta seletiva, entretanto, não é suficiente para promover a sensibilização dos moradores de condomínio, por não promover intrínseco aumento do conhecimento socioambiental correlato, requerendo a utilização de ferramentas da Educação Ambiental (QUEIROZ; PEDRINI, 2014). Ademais, a consciência dos impactos positivos e o desejo de participação são requisitos do processo de coleta seletiva (TURATTO, 2004).

O gerenciamento correto dos resíduos sólidos em condomínios demanda a interação entre pessoas, infraestrutura e planejamento (KITZMANN, 2009). Esses três elementos são indissociáveis, visto que a integração somente será efetiva se estes atuarem em conjunto. As pessoas estão representadas pelos moradores dos condomínios, a infraestrutura refere-se aos locais disponíveis para o armazenamento temporário dos resíduos e o planejamento constitui a forma de organização e articulação

entre pessoas e infraestrutura, para atender à legislação vigente.

Para Kitzmann (2009), de nada adiantam equipamentos e planos se as pessoas, que devem deter tanto o conhecimento quanto a predisposição para a ação, não estiverem comprometidas e preparadas. Da mesma forma, pessoas não são suficientes se não houver condições técnicas e materiais para uma atuação qualificada.

No presente trabalho, parte da pesquisa realizada por Dantas (2017) para a dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental, buscou-se demonstrar como a implantação de um projeto Gestão Integrada de Resíduos Sólidos promoveu a melhoria do panorama anteriormente exposto em um condomínio residencial vertical na cidade de Campina Grande - Paraíba.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa realizada tem características experimental (GIL, 2008) e participante (THIOLENT, 2011), uma vez que promoveu a interação conjunta de pesquisados e pesquisadores. Os participantes foram os condôminos e o zelador do Condomínio Edifício Priscilla, um condomínio vertical localizado no bairro Jardim Tavares, Zona Norte da cidade de Campina Grande-PB.

O referido condomínio é formado por seis unidades residenciais (apartamentos) das quais cinco estavam ocupadas durante a realização do estudo, sendo que todos os 15 moradores participaram da pesquisa. A localização do bairro na cidade é mostrada por meio da Figura 1.



Figura 1: Localização do bairro Jardim Tavares na Cidade de Campina Grande

Fonte: Adaptado de ARAÚJO (2006)

Este local foi selecionado por se apresentar como uma estrutura consolidada legalmente através de estatuto, com moradores fixos, ter um tamanho relativamente

pequeno quando comparado a outros empreendimentos residenciais, permitindo o contato com todos os moradores mais facilmente, e por ter sido demonstrado interesse, da parte dos moradores, em contato previamente estabelecido.

O condomínio é formado por um prédio de seis apartamentos, distribuídos em três andares. Destes apartamentos, cinco estavam ocupados durante a realização da pesquisa, com um total de 15 moradores fixos. Em alguns apartamentos, existe a presença de prestadores de serviços domésticos, como babás e diaristas. Para as atividades de limpeza e manutenção das áreas comuns, um zelador trabalha quatro horas diárias (das 13 h às 17 h) em seis dias da semana (de segunda-feira a sábado).

Quanto à destinação dos resíduos sólidos, os moradores os acondicionavam em suas residências e os depositavam em suas portas para que o zelador os recolhesse e acondicionasse em coletor ainda dentro do condomínio para, na véspera da coleta urbana, dispor tais resíduos num coletor externo (Figura 2). Catadores de materiais recicláveis informais faziam a coleta dos resíduos sólidos recicláveis que conseguiam separar dos demais resíduos.



Figura 2: Coletor externo existente no condomínio vertical, Campina Grande-PB, 2016

A realização ocorreu em cinco etapas, através das quais foi possível avaliar a situação dos resíduos sólidos no condomínio, pesquisar e elaborar estratégias de sensibilização e planejar ações que almejavam reorientar a percepção dos moradores sobre essa questão, de forma a garantir melhorias ambientais.

A primeira etapa consistiu na caracterização gravimétrica prévia dos resíduos sólidos gerados no condomínio, baseando-se na proposta apresentada por Silva et al. (2001).

A segunda etapa consistiu na realização de uma entrevista semiestruturada, visando realizar a caracterização socioeconômica dos moradores e identificar a percepção a percepção ambiental destes, junto à distribuição de material informativo, como forma de incentivar a participação dos moradores.

A terceira etapa consistiu na elaboração de instrumentos para a sensibilização dos moradores e desenvolvimento de equipamentos para auxiliar a separação dos resíduos sólidos na fonte, favorecer a recuperação de resíduos sólidos recicláveis e a destinação adequada destes, privilegiando os catadores de resíduos sólidos recicláveis.

A quarta etapa consistiu na entrega dos equipamentos projetados na etapa anterior, quais sejam, coletores intradomiciliares, coletores intracondominiais e um coletor extracondomínial para resíduos recicláveis, juntamente a entrega de panfletos informativos, um aplicativo para dispositivos móveis e instruções sobre a separação seletiva na fonte e para a destinação realizada pelos moradores e pelo zelador.

Por fim, a quinta e última etapa consistiu na caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos gerados pelo condomínio, seguindo a mesma metodologia adotada na primeira etapa, a fim de comparar se a atuação promoveu alteração na situação inicialmente detectada.

Buscou-se adotar materiais e equipamentos com custos acessíveis e com o menor impacto estético possível, de forma a aumentar a aceitação dos envolvidos e permitir a reprodutibilidade em outras situações similares.

Os dados colhidos foram analisados utilizando o método de triangulação (THIOLENT, 2011), sendo qualificados, quantificados e descritos. Dados quantitativos foram então tabulados utilizando o aplicativo Microsoft Excel 2016, com o qual foram feitas as análises estatísticas e proporcionais, assim como foram gerados gráficos e tabelas.

Para o desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis foram usados padrões e bibliotecas de código aberto disponibilizados pelo framework Ionic e pelas ferramentas de desenvolvimento de software Android, enquanto a edição de código-fonte foi feita com o editor de código Visual Studio Code.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de resíduos sólidos no condomínio estudado neste trabalho apresentava um grande potencial implantação da coleta seletiva. Adotou-se a separação entre resíduos sólidos recicláveis secos, consistindo em papel/papelão, plástico, metal e vidro; resíduos sólidos recicláveis úmidos, consistindo em restos de alimento, resíduos de poda e outros materiais compostáveis; e rejeitos, a porção não reaproveitável dos resíduos, a ser encaminhados para aterros sanitários.

Uma análise inicial foi suficiente para verificar a possibilidade de aumento da recuperação de recicláveis secos e úmidos (no primeiro momento, 12% e 52%, respectivamente), visto que uma parcela significativa (36%) era de rejeitos, em grande parte contendo material que poderia ser recuperado se ocorresse a separação na fonte (Figura 3).

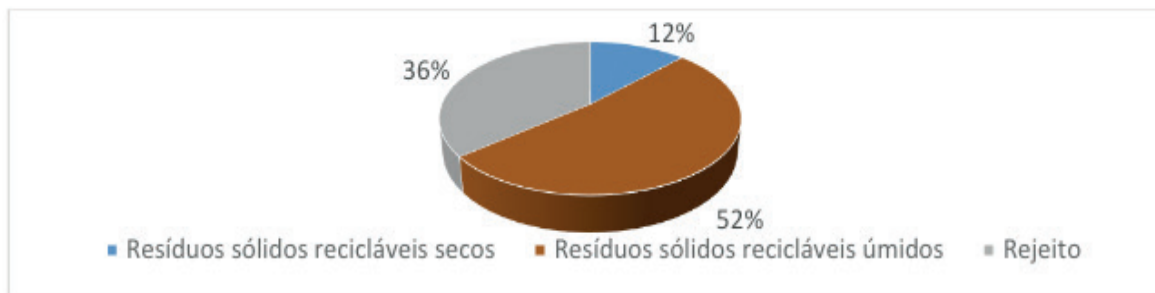


Figura 3: Composição dos resíduos sólidos gerados em condomínio vertical, Campina Grande-PB, 2016

Com base nos dados colhidos através da caracterização gravimétrica inicial e da pesquisa semiestruturada aplicada, foi possível delinear um modelo de coleta seletiva, apresentado na Figura 4:

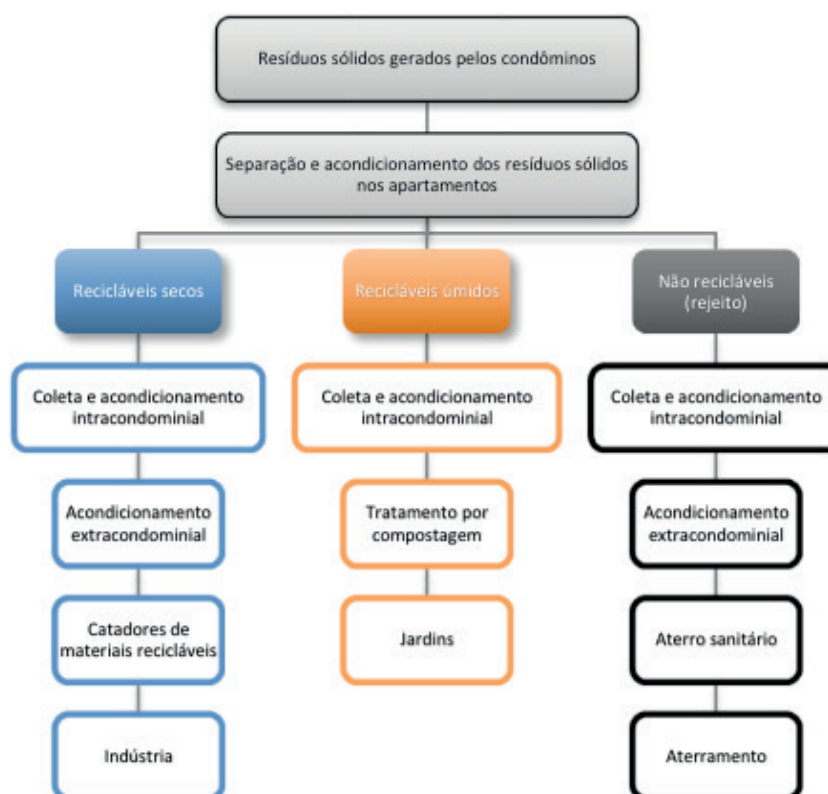


Figura 4: Modelo proposto para a coleta seletiva em condomínio vertical, Campina Grande-PB, 2016

Foram projetadas três classes de coletores para uso pelo condomínio: coletores para uso intradomiciliar (CID), dentro das residências; intracondomínial (CIC), nas áreas comuns do condomínio; e extracondomínial (CEC). A padronização de cores foi a seguinte: azul para resíduos sólidos recicláveis secos; marrom para resíduos sólidos recicláveis úmidos; e cinza, para não recicláveis (rejeito).

Os coletores intradomiciliares foram divididos em duas subclasses: os de resíduos sólidos recicláveis secos (CID-S) (Figura 5) e de resíduos sólidos recicláveis úmidos (CID-U) (Figura 6); os rejeitos, a maioria resíduos sanitários, acondicionados

em coletores dos próprios moradores.

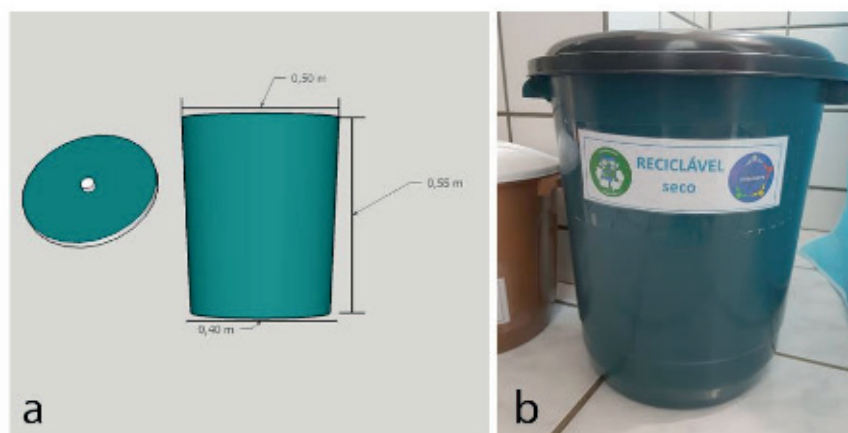


Figura 5: Coletor modelo CID-S para resíduos sólidos recicláveis secos: a) modelo projetado; b) modelo adquirido

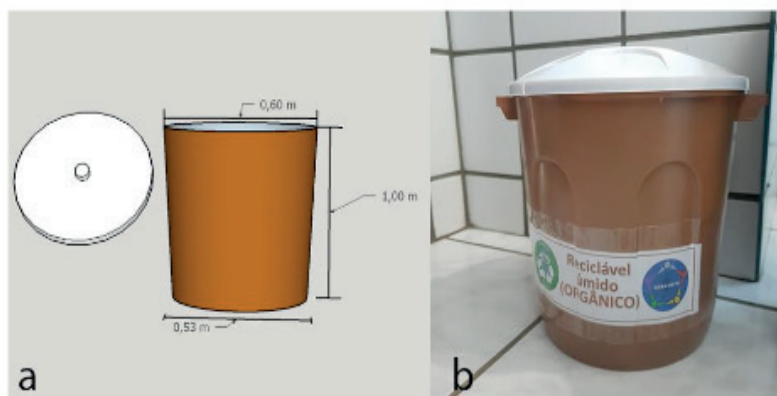


Figura 6: Coletor modelo CID-U para resíduos sólidos recicláveis úmidos: a) modelo projetado; b) modelo adquirido

Para uso intracondomínial, foram designadas três subclasses de coletores de resíduos sólidos: para recicláveis secos (CIC-S), para recicláveis úmidos (CIC-U) e para não recicláveis (rejeito) (CIC-R) (Figura 7). O único coletor já existente no condomínio, com capacidade volumétrica de aproximadamente $0,1 \text{ m}^3$ (100 L), foi reaproveitado e designado para os rejeitos. Para os modelos CIC-S e CIC-R, os recipientes foram pensados de forma a serem suficientemente leves para manuseio e limpeza periódica e apresentarem resistência a intempéries, já que ficariam expostos. Por isso, optou-se pelo polipropileno.



Figura 7: Coletores intracondominiais: CIC-U, CIC-S e CIC-R

Um modelo de composteira rotatória (Figura 8) de tambor fixo (CRF) foi projetado para realizar o tratamento da fração úmida dos resíduos sólidos, baseando-se nos estudos realizados por Nascimento (2015) quanto ao tratamento descentralizado por compostagem dos resíduos sólidos orgânicos. Esta solução não pode ser integrada ao conjunto aplicado no condomínio por questões de tempo e orçamento.

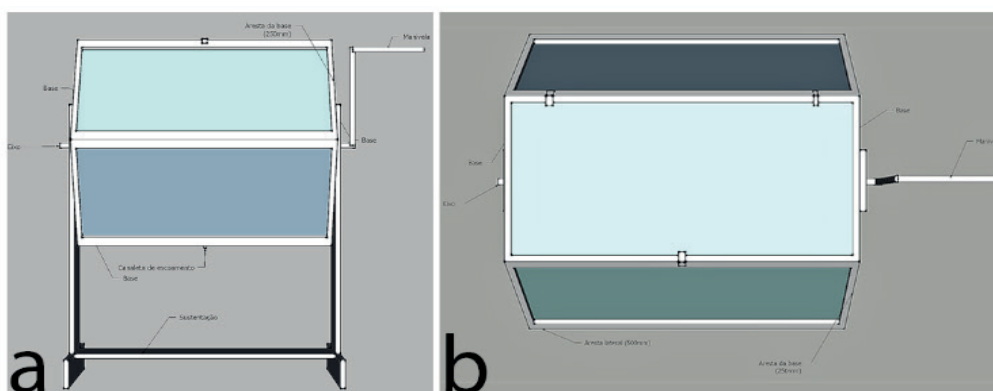


Figura 8: Modelo de composteira rotatória de tambor fixo (CRF): a) vista frontal; b) vista superior

Para uso extracondomínial, aproveitou-se o coletor já existente, o qual foi designado para acondicionar resíduos sólidos recicláveis úmidos e rejeitos (CEC-U+R) antes da coleta pública, e foi confeccionado outro para os resíduos sólidos recicláveis secos (CEC-S) (Figura 9).



Figura 9: Coletores CEC-U+R (esquerda) e CEC-S (direita)

Durante a entrega dos coletores, também foram entregues panfletos, no formato de folder, desenvolvidos em vários projetos do GGEA e tratando de temáticas voltadas ao meio ambiente e à gestão integrada de resíduos sólidos: Coleta seletiva, Compostagem, Farmácia viva, Reciclagem de papel e Resíduos de serviços de saúde gerados em residências. Após a entrega dos equipamentos e orientações necessárias, foi realizado o acompanhamento da disposição dos resíduos sólidos pelo zelador. Após alguns ajustes e explicações dados a este funcionário, o fluxo da coleta seletiva no condomínio passou a funcionar sem a necessidade de intervenção externa.

Buscando uma forma de promover maior interesse dos condôminos e demais envolvidos com o condomínio, pensou-se em desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis que apresentasse conteúdo e funcionalidade relevantes ao processo de coleta seletiva no condomínio. A ampla difusão de aparelhos eletrônicos com grande quantidade de recursos (smartphones ou tablets, por exemplo), a preços acessíveis, segundo ZBICK et al. (2015) tornou-os em ferramentas extremamente poderosa para fins de entretenimento e educacionais.

O aplicativo concebido devia possuir duas principais funcionalidades: dispor de informações pertinentes a coleta seletiva e ao condomínio, e também fornecer a função de lembretes para que os usuários se engajassem com a coleta no condomínio. O aplicativo desenvolvido (Figura 10) foi disponibilizado em um sítio de internet para download aos moradores e ao zelador, os quais receberam um convite com a apresentação do aplicativo e as instruções de instalação e uso.

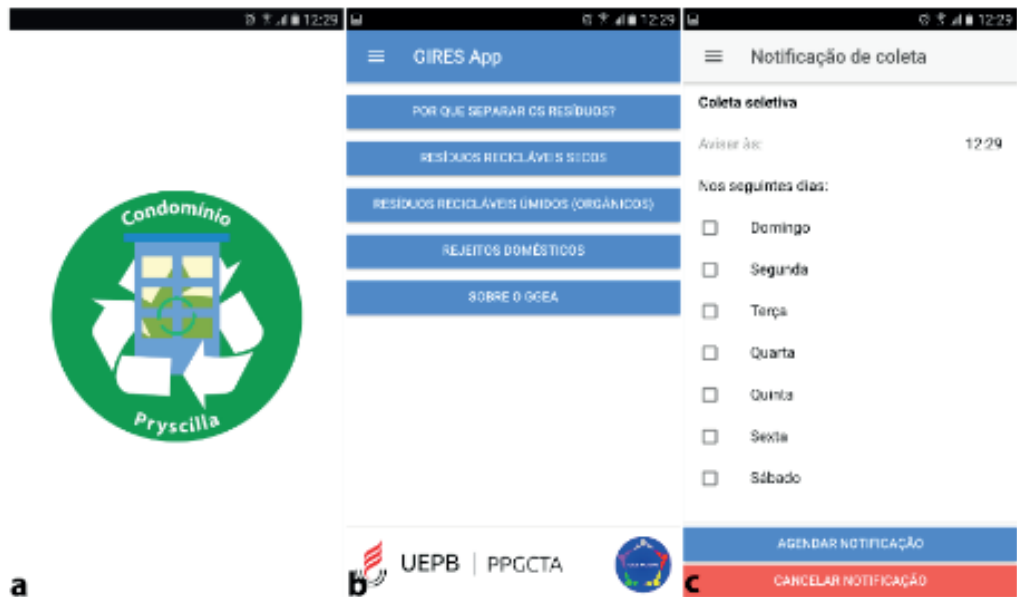


Figura 10: Telas do aplicativo: a) tela de abertura; b) tela principal com informações educativas; c) tela para ajuste de notificações

Dos usuários que instalaram o aplicativo (31% do total de convidados), 66,7% apontaram como pontos positivos a disponibilidade de informações pertinentes e 33,3% a praticidade de uso. Todos eles afirmaram que a existência de um aplicativo voltado ao condomínio motivou a participação na coleta seletiva.

4 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A caracterização gravimétrica realizada após a implantação da coleta seletiva permitiu apurar que houve a redução proporcional da porção não reciclável dos resíduos sólidos, que passou de 36% para 23%, enquanto a parte reciclável subiu de 64% para 77%, com grande destaque para a recuperação de recicláveis secos, que passou de 12% para 26% do total da massa de resíduos sólidos gerados (Figura 11).

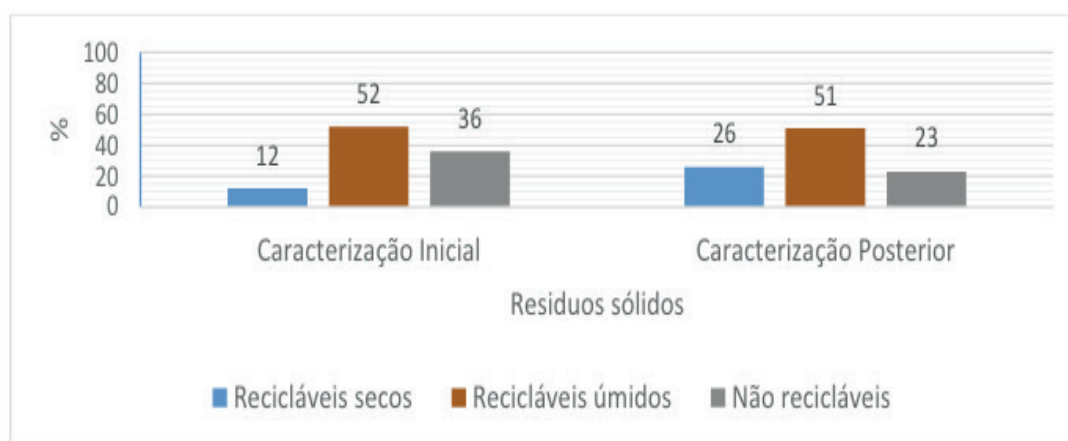


Figura 11: Comparação da composição dos resíduos sólidos gerados antes e depois da implantação de coleta seletiva, Campina Grande, 2017

Os dados apontam para a consecução da execução dos objetivos do trabalho, alcançando a mobilização e sensibilização dos moradores, sendo viável a implantação de um plano de gestão de resíduos sólidos com a adoção da coleta seletiva em condomínio residencial vertical, trazendo impactos positivos à atuação de catadores de materiais recicláveis e reduzindo impactos negativos advindos da destinação inadequada de resíduos sólidos.

A problemática advinda da destinação inadequada dos resíduos sólidos é ampla e requer o aprofundamento de estudos e trabalhos voltados à busca de soluções sustentáveis e que sejam técnica e economicamente viáveis. No âmbito dos condomínios residenciais verticais, apresentamos as seguintes recomendações:

- Aprofundar os estudos voltados a viabilizar a implantação de sistemas de tratamento descentralizado dos resíduos sólidos recicláveis úmidos.
- Verificar estratégias para uso do material orgânico tratado (composto) no local em que é produzido, de forma que o ciclo de sustentabilidade se complete.
- Propor estratégias voltadas à integração entre os condomínios e catadores de materiais recicláveis formais e/ou informais, de forma que a coleta dos resíduos sólidos recicláveis secos e o consequente encaminhamento à indústria fomentem a geração de renda destes profissionais, assim como a redução da pressão às matérias-primas virgens.
- Promover a articulação entre vários atores sociais – poder público, sociedade organizada, associações, setor produtivo e profissionais – de forma a garantir a promoção de um processo integrado de gestão dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, B. C. **Mapa dos bairros de Campina Grande**. Campina Grande: Wikipedia, 2006. Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bairros_de_Campina_Grande.svg>. Acesso em 20 jul. 2015.
- ASASE, M. et al. Comparison of municipal solid waste management systems in Canada and Ghana: a case study of the cities of London, Ontario, and Kumasi, Ghana. **Waste management**, n. 29, p. 2779-2786, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2014**. São Paulo: ABRELPE, 2015. 120 p.
- BRASIL. **Lei 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: Brasil, 2010.
- BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2015**. Brasília: MCIDADES. SNSA, 2017. 173 p.
- CAMPINA GRANDE. **Lei Complementar Nº 87 de 2014**. Campina Grande, 2014.
- DANTAS, M. T. N. S. **Gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical: Possibilidades e**

desafios. 2017. 104f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental - PPGCTA) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 6, n. 17, p. 1503-1510, 2012.

GUERRERO, L. A.; MAAS, G.; HOGLAND, W.. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste management**, n. 33, p. 220-232, 2013.

GUPTA, R.; MISRA, A. K. Cross functional team for integrated solid waste management (ISWM) practices: an approach suitable for India and other developing countries. **Advances in Energy Engineering (AEE)**, v. 2, p. 30-36, 2014.

KITZMANN, D. I. S. **Ambientalização sistêmica na gestão e na educação ambiental**: estudo de caso com o ensino profissional marítimo – EPM. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação Ambiental – PPGA, FURG, 2009, 239p.

KRÜGER, E. L. Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental. **Revista educação & tecnologia**, Curitiba, v. 4, ed. 6, p. 66-77, 2003.

MAIA, H. J. L. et al. Educação ambiental: instrumento de mudança de percepção ambiental de catadores de materiais recicláveis organizados em associação. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 13, p. 2797-2806, out.-dez. 2013.

MINGHUA, Z. et al. Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. **Waste management**, n. 29, p. 1227-1233, 2009.

NASCIMENTO, C. R. **Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares no bairro Malvinas, Campina Grande-PB**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental)–Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

QUEIROZ; PEDRINI. Percepção ambiental de moradores de condomínios no município de Niterói, estado Rio de Janeiro, Brasil sobre resíduos sólidos urbanos associados a sua coleta seletiva. In: **REMEA** v. 31, n. 12. 2014

SILVA, M. M. P. et al. Avaliação sanitária de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em municípios do semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 2, p. 87-92, abr.-jun., 2011.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TURATTO, J. L. **Desenvolvimento, implementação e avaliação de um programa de aprendizagem ambiental para condomínios residenciais: enfoque em resíduos sólidos**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. 2004

ZBICK, J et al. A web-based framework to design and deploy mobile learning activities: Evaluating its usability, learnability and acceptance. In: **2015 IEEE 15th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)**. p. 88-92. IEEE Press. 2015.

COMPORTAMENTO DE EMPREENDEDORES DA FEIRA DOS GOIANOS QUANTO AO DESCARTE DE EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA

Graziela Ferreira Guarda

Departamento de Ciências da Computação,
Universidade Católica de Brasília.

*Autor corresponsal: Departamento de Ciências da Computação, Universidade Católica de Brasília, QS 07 Lote 01 EPCT, Águas Claras, Taguatinga, DF. 71.966-700. Brasil. Email: grazielaf@ucb.br

Luiz Fernando Whitaker Kitajima

Departamento de Engenharia Ambiental, Centro
Universitário UDF.

Beatriz Rodrigues de Barcelos

Departamento de Engenharia Ambiental,
Universidade Católica de Brasília.

RESUMEN: A dinâmica da inovação tecnológica, da produção e do consumo de produtos como celulares e equipamentos de informática os tornam rapidamente obsoletos e os consumidores não sabem o que fazer com esses equipamentos considerados fora de uso. A consequência é a produção de toneladas de lixo eletrônico. A reciclagem realizada não é suficiente para evitar o descarte inadequado desses equipamentos. O e-lixo ou resíduo gerado é despejado em aterros sanitários ou ilegais com efeitos nocivos ao meio ambiente e à saúde humana. O não aproveitamento dos constituintes desses resíduos representa um desperdício de recursos. Assim, a gestão de resíduos sólidos derivados desses

equipamentos é um desafio à sustentabilidade ambiental. A presente pesquisa de campo verificou que empreendedores feirantes possuem bom nível de conhecimento dos efeitos prejudiciais do descarte inadequado e dos canais alternativos de destinação de equipamentos em desuso, mas a maioria acaba mantendo esses equipamentos em sua própria residência, sem saber exatamente o que fazer com eles.

PALABRAS CLAVE: E-lixo, equipamento de informática e hardware, descarte inapropriado, resíduos sólidos.

BEHAVIOR OF ENTREPRENEURS OF THE GOIANOS FAIR REGARDING THE DISPOSAL OF COMPUTER EQUIPMENT

ABSTRACT: The technological innovation, production and consuming dynamics of products like mobile phones and computer hardware make them become obsolete quickly, and the consumers do not know what to do with these devices when they have to be discard. The result is the production of tons of electronic waste, or e-waste. Recycling is not sufficient to prevent the improper disposal of such hardware. The e-waste generated is disposed of in illegal and/or legal sanitary landfills with harmful effects to the environment and human health. Not reusing the constituents of this waste also represents a waste of resources. Thus, the management of

solid waste materials derived from such equipment is a challenge to environmental sustainability. The present research found out that computer commerce entrepreneurs have a good knowledge of the harmful effects of improper disposal and the alternative channels for allocation of disused hardware, but most end up keeping this disused hardware in their own homes, without knowing exactly what to do with them.

KEYWORDS: E-trash, computer equipment and hardware, inappropriate discard, solid waste.

INTRODUCCIÓN

A tecnologia é uma realidade disseminada em todos os ambientes da sociedade, seja no campo, nas cidades, no trabalho ou domicílios familiares. A sociedade moderna vive produzindo novidades tecnológicas que induzem as pessoas ao consumo imediato de inovações, criando facilidades para que as trocas ocorram com uma frequência cada vez maior.

Os usuários de equipamentos de informática, em particular, são expostos por contínuos lançamentos que lhes causam uma espécie de volúpia de consumo, de inovações, cujo efeito é rapidamente considerarem seus antigos aparelhos eletroeletrônicos como desatualizados ou obsoletos e, portanto, descartá-los.

O descarte incorreto acarreta forte impacto ambiental e problemas na saúde humana pela contaminação por metais pesados presentes na composição desses equipamentos. Além disso, o não aproveitamento dos recursos naturais presentes nesses resíduos representa um desperdício de recursos. Deste modo, a gestão de resíduos sólidos derivados desses equipamentos é um dos grandes desafios de sustentabilidade de nossa sociedade.

De acordo com (GREENPEACE, 2010), o tempo de vida útil de computadores em países desenvolvidos diminuiu de seis anos em 1997, para apenas dois anos, em 2010. Estima-se que a geração de lixo de equipamentos elétricos e eletrônicos em todo o planeta, o chamado e-lixo, esteja em torno de 20 a 50 milhões de toneladas por ano. Na Europa, o e-lixo está aumentando entre 3% e 5% por ano, cerca de três vezes mais rápido do que o fluxo total de resíduos domésticos.

Os países em desenvolvimento também devem triplicar sua produção de lixo eletrônico em cinco anos (GREENPEACE, 2010). Segundo relatório divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2013), o Brasil está entre os países em desenvolvimento que mais produzem e-lixo, com aproximadamente 0,5 kg per capita por ano. Os cálculos estão baseados no descarte de computadores, tanto de mesa quanto laptops, monitores, impressoras, celulares, televisões e refrigeradores. Aparelhos de TV produzem 137 mil toneladas de lixo por ano, seguido de 115 mil de geladeiras e 96,8 mil, só de computadores.

Em 2010, o Governo Brasileiro circunscreveu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, com a edição da Lei Federal 12.305/10 (BRASIL, 2010), marco histórico da

gestão ambiental no país, que tem como um dos seus objetivos o aprimoramento do conhecimento, dos valores, dos comportamentos e do estilo de vida relacionados com a gestão e o gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, no entanto, a referida Lei ainda não foi totalmente implementada.

É de conhecimento geral que poucos fabricantes e revendedores concretizam o destino final ou logística reversa adequada dos resíduos de seus produtos, e que, em paralelo, instituições de ensino, formadores de opinião e Governo possuem papel importante na conscientização da sociedade para esta nova realidade, promovendo atividades de esclarecimento à sua comunidade, bem como coordenando e orientando no procedimento de descarte do lixo eletrônico (GREENPEACE, 2010).

A presente pesquisa avaliou o comportamento de feirantes empreendedores de um mercado no Distrito Federal (a Feira dos Goianos, localizada em Taguatinga-DF) no sentido de buscar o nível de conscientização sobre os impactos de descarte inadequado e quais são os canais utilizados para descarte de equipamentos de informática em desuso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Classificação da pesquisa

O enquadramento do estudo no universo da investigação científica tomou como base a taxionomia apresentada por (VERGARA, 2011), que propõe dois critérios básicos de classificação: quanto aos fins e quanto aos meios.

Quanto aos fins, a pesquisa será descritiva porque visa descrever percepções, expectativas e conscientização dos empreendedores feirantes da Feira dos Goianos acerca dos efeitos sobre o descarte inadequados de computadores, bem como os canais utilizados para finalização de equipamentos em desuso.

Quanto aos meios, trata-se de pesquisa de campo, pois será uma investigação empírica realizada no local onde se pretende analisar determinado fenômeno. Inclui como instrumento de coleta de dados: entrevistas, questionários e observações colhidas junto aos feirantes empreendedores.

Universo e amostra

O universo da pesquisa de campo foi o grupo de empreendedores feirantes da Feira dos Goianos, localizada em Taguatinga (DF), na Avenida Hélio Prates, com uma população ativa de 1500 gestores. A amostra foi constituída em dois estágios: primeiro, o estabelecimento do número de elementos da amostra final foi dimensionado com a utilização da fórmula de (LEVIN, 2004), para determinação do tamanho da amostra (n), com base na estimativa da proporção populacional, uma vez que a população de onde se retira a amostra não é tão grande, a qual poderíamos considerar finita.

Assim, a amostra ficou dimensionada em 306 empreendedores feirantes,

considerando uma população de 1.500, para um erro amostral de 5%, com a aplicação direta do modelo a seguir:

$$n = \frac{N \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{\hat{p} \cdot \hat{q} \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2}$$

Figura 1. Fórmula de LEVIN, 2004.

Onde:

n = Tamanho da amostra.

$(Z_{\alpha/2})^2$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

p = Percentagem com a qual o fenômeno se verifica.

q = Percentagem complementar (1-p).

N = Tamanho da população.

E^2 = Erro máximo permitido.

Sendo que, o grau de confiança adotado foi de 95%. Onde o valor crítico $(Z_{\alpha/2})^2$ é de 1.96. No segundo estágio, selecionaram-se elementos da amostra com base na conveniência ou no julgamento.

Instrumento de coleta e tratamento de dados

Para coleta de dados foi utilizado um questionário aplicado, face a face, a 306 respondentes, com questões abertas e fechadas, agrupadas em três perspectivas. A primeira relativa aos dados demográficos, com o objetivo de identificar as principais características dos empreendedores respondentes. A segunda relativa ao nível de conscientização sobre os impactos ambientais do descarte inadequado de lixo eletrônico. Na terceira, buscou-se a identificação dos canais utilizados para descarte dos equipamentos em desuso.

Os dados foram tabulados com auxílio de planilha Excel™ e, posteriormente, foram analisados com a utilização de estatística descritiva para visualização das frequências relativas e absolutas de cada variável. Por fim, foram montados gráficos, quadros e tabelas com as agregações necessárias para responder aos objetivos da pesquisa.

Interação com a comunidade

Os resultados foram levados ao conhecimento dos empreendedores feirantes, em roda de conversa que envolveu também a comunidade.

A Feira dos Goianos

A chamada Feira dos Goianos é uma denominação popular para o Polo de

Confecções de Taguatinga. O centro de compras nasceu da união de 98 donos de pequenas confecções da capital e do interior de Goiás [...]. O objetivo deles era montar um ponto de venda para seus produtos na capital federal e, dessa forma, conquistar um mercado de alto poder aquisitivo e elevado consumo de roupas.

A iniciativa do empreendimento surgiu em 1998, ficando conhecida pela denominação de Feira dos Goianos. No início, a informalidade despertou muita resistência e preconceito do comércio estabelecido e foram encarados como concorrentes desleais (BRITO, 2010).

No entanto, o potencial de negócios do setor confeccionista no Distrito Federal acabou atraindo empresas similares do DF e entorno. Conforme informado por (BRITO, 2010), na composição atual do polo de confecções, cerca de 60% das empresas são do Distrito Federal e entorno e 40% são goianas.

A feira conta com apoiadores e parcerias importantes, como o SEBRAE, os quais geram iniciativas como ampliação de crédito e consultoria empresarial gratuita, com o propósito de estimular as vendas e consolidar os empreendimentos dos cerca de 1,5 mil proprietários das bancas, que ocupam 18 galpões e por onde podem circular, em dias de maior movimento, cerca de 80 mil pessoas (AMORIM, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análise dos dados demográficos

Foram coletados dados de características pessoais dos comerciantes empreendedores do Polo de Modas de Taguatinga, relativas ao gênero, faixa etária e grau de instrução estão evidenciadas no quadro 1, a seguir.

Gênero		Faixa Etária		Grau de instrução	
Masculino	32%	Menos de 18 anos	0%	Fundamental incompleto	3%
Feminino	68%	De 18 a 25 anos	11%	Fundamental completo	5%
		De 25 a 35 anos	31%	Médio incompleto	10%
		Mais de 35 anos	58%	Médio completo	65%
				Superior incompleto	9%
				Superior completo	5%
				Pós-graduação incompleto	3%

Quadro 1 – Gênero, faixa etária e grau de instrução dos empreendedores

De acordo com os dados demográficos, percebe-se predominância total de pessoas do sexo feminino à frente dos empreendimentos (68%). É interessante destacar

que, se no passado as mulheres não tinham presença no comando de empresas, com esta pesquisa observa-se um maior número de negócios com mulheres em situação de comando.

Os dados do quadro acima possuem aderência aos resultados de pesquisa desenvolvida pela Endeavor Brasil (2013, p.6), “com o apoio do Ibope com o objetivo principal de identificar perfis empreendedores na sociedade brasileira. Tais perfis foram determinados a partir de características demográficas dos participantes, além de uma análise de suas atitudes, competências e chances de sucesso”. De acordo com a pesquisa, o empreendedor formal “Apaixonado” é constituído de maioria de mulheres, entre 25 e 35 anos. Em geral, possuem empresas nas áreas de saúde, estética e venda de acessórios. A pesquisa também reconhece que “independentemente do perfil do empreendedor, existe um grande déficit educacional a suprir. [...], principalmente nos quesitos: gestão de pessoas, fluxo de caixa e como administrar um negócio”.

Ainda em relação às outras características dos empreendedores do Polo de Modas, podemos visualizar no quadro abaixo a sua especialização e rendimento declarado.

Setor de atuação do negócio		Renda mensal	
Acessórios em geral	5%	Até 2 salários (SM)	2%
Alimentação	1%	De 2 a 5 SM	36%
Vestuário	9%	De 5 a 8 SM	34%
Artigos esportivos	10%	De 8 a 15 SM	20%
Joalheria	6%	Mais de 15 SM	8%
Confecções	69%		

Quadro 2 – Setor de atuação e renda mensal

Observamos, no quadro acima, que a atividade principal continua sendo a venda de roupas, que corresponde a 69% dos negócios, vocação principal quando da criação da Feira. A renda média dos empreendedores está concentrada nas faixas de 2 a 5 salários mínimos (36%) e de 5 a 8 salários mínimos (34%), o que não se diferencia muito da radiografia de segmentação e renda a nível nacional. Comparativamente, em Endeavor Brasil (2013), os empreendedores Apaixonados percebem a menor renda da categoria de empreendedores, com uma média mensal de R\$ 2.528,88. Na mesma pesquisa consta que: “entre os empreendedores formais, o Antenado é o segmento mais jovem, com quase um terço dos entrevistados entre 25 e 35 anos [...]. O Antenado também tem experiência ‘média’ com empreendedorismo; são pessoas que têm empresas há até seis anos e que foram criadas por pais empreendedores” Sua renda mensal é de cerca de R\$ 3.056,91, a segunda maior entre os segmentos de empreendedores formais. Vale ressaltar que, os empreendedores classificados como arrojados – predominam homens, experientes e com idade média de 41 anos – são os que obtêm maior renda, R\$ 3.469,95 mês.

Nível de conscientização quanto à destinação correta do e-lixo

Na Tabela 1, a seguir, os entrevistados foram questionados sobre instruções recebidas dos fabricantes e vendedores sobre questões ambientais em relação ao descarte dos equipamentos, no momento da compra, e sobre seu interesse por esse tipo de informação.

Momento da compra: alguma informação?		Demonstrou algum interesse em informações de descarte adequado	
Resposta	Porcentagem	Nunca	22%
Sim	35%	Às vezes	8%
Não	65%	Quase sempre	36%
		Sempre	34%

Tabela 1 – Informações recebidas sobre descarte correto e interesse por informações dessa natureza

Coerente com estudo anterior de Freitas et al (2013), as informações recebidas de fabricantes e vendedores se referem a questões ligadas à garantia e funcionalidade dos computadores, a maioria (65%) sequer recebeu qualquer tipo de informação sobre isso. Por outro lado, somente 22% desse público consumidor nunca se interessou por esse tipo de informação, o restante, em algum momento, demonstrou interesse ou preocupação com o momento em que esse equipamento perde a sua utilidade, cabendo ressaltar que para 34% dessas pessoas essa é uma preocupação constante. Outra constatação relevante foi que somente 25% declararam não considerar importante a questão de impactos ambientais no momento de sua decisão de compra de um equipamento de informática.

Um aspecto interessante sobre essa preocupação é que demonstram conhecimentos sobre materiais presentes nos equipamentos e seus efeitos sobre a saúde das pessoas e meio ambiente, conforme evidenciado na Tabela 2, a seguir.

Matérias dentro dos computadores podem causar doenças		Mercúrio pode trazer dano ao cérebro e ao fígado	
Resposta	Porcentagem	Resposta	Porcentagem
Sim	79%	Sim	63%
Não	21%	Não	37%

Tabela 2 – Mercúrio: exemplo de toxicidade de materiais presentes em computadores

Em geral, os entrevistados sabem que as substâncias que têm dentro dos computadores são nocivas à sua saúde, ou seja, o contato direto ou indireto com as peças pode ocasionar contaminação, se descartado no meio ambiente de maneira inadequada.

Comportamento de consumo e canais de descarte de lixo eletrônico

Observa-se na Tabela 3, a seguir, que 1/3 dos empreendedores possuem pelo menos um computador para uso doméstico. A maioria (54%) troca seus equipamentos de 3 a 6 anos. Para parcela expressiva desse público (61%), um computador possui um intervalo de 4 a 7 anos de vida útil.

Quanto computador possui		Última troca do computador		Tempo que ficou com seu último computador	
1	34%	Até 1 ano	10%	Até 1 ano	7%
2	32%	De 1 a 3 anos	25%	De 1 a 4 anos	23%
3	23%	De 3 a 6 anos	54%	De 4 a 7 anos	61%
4 ou mais	11%	Mais de 6 anos	11%	Mais de 7 anos	9%

Tabela 3 - Comportamento de consumo de computadores

O padrão de consumo de computadores apresentados pelos entrevistados na Tabela 3 é divergente do resultado da pesquisa (GREENPEACE, 2010), a qual estimou que o tempo de vida útil de computadores em países desenvolvidos diminuiu de seis anos, em 1997, para apenas dois anos.

Os dados referentes ao comportamento de descarte dos empreendedores do Polo de Modas estão consubstanciados no Quadro 3, a seguir.

Conhece algum canal de descarte adequado?		Se SIM, especificar		Canais utilizados para descarte de computadores fora de uso	
Sim	86%	Reciclagem	17%	Revende	24%
Não	14%	Doação	44%	Devolve ao fabricante	2%
		Reuso	18%	Manda para o lixão	2%
		Desmanche	14%	Mantém em casa ou trabalho	67%
		Revenda	7%	Envia para empresa de reciclagem	3%
				Outros: Doação	2%

Quadro 3 – Canais de descarte de computadores fora de uso

Os dados evidenciados no Quadro 3 demonstram que os canais especificados livremente pelos empresários são compatíveis com os desejáveis para uma destinação adequada desses equipamentos, ou seja, de maneira ambientalmente sustentável. Nesse sentido, a presente pesquisa está de acordo ao constatar que a maioria dos indivíduos pesquisados (67%) acaba ficando com os equipamentos em desuso em casa, atitude que não gera impacto ambiental para a sociedade. Por outro lado, poucos utilizam canais mais adequados como logística reversa (somente 2% de devolução ao fabricante ou revendedor).

Somente 3% dos equipamentos são encaminhados para empresas de reciclagem e a revenda é a opção de 24% das pessoas para se desfazerem dos seus equipamentos arcaicos, possivelmente por avaliarem que esses bens inservíveis ao proprietário

original ainda têm possibilidades de serem reutilizados em outros ambientes ou por outras pessoas.

Felizmente, o pior dos mundos, que seria a destinação desse material para os chamados lixões, com inequívocos impactos danosos ao meio ambiente e às pessoas que tiverem contato com esses resíduos, é opção para somente 2% dos usuários dessas máquinas já sem função, o que demonstra considerável nível de conscientização das pessoas com relação à questão do lixo eletrônico e suas consequências.

CONCLUSIÓN

Os gestores do Polo de Modas, composto por maioria de mulheres empreendedoras (68%), na faixa etária de 25 a 35 anos – demonstraram preocupação com o meio ambiente, porque têm conhecimento que o lixo eletrônico pode contaminar o meio ambiente (99%) e somente 2% declarou utilizar o lixo como opção de descarte. No entanto, o comportamento de descarte reforça os resultados de estudos anteriores sobre a desinformação quanto à finalização do processo de consumo desse tipo de equipamento, resultando em incerteza sobre o que fazer com esse material, por comodismo ou dificuldade de acesso a canais de descarte mais apropriados, como utilização de empresas de reciclagem ou devolução ao fabricante (logística reversa).

Os empreendedores, em sua maioria (54%), costumam permanecer com suas máquinas por um período de 3 a 6 anos e estimam vida útil de 4 a 7 anos (61%), prazos ligeiramente acima da média de outros consumidores.

No momento da compra, a maioria dos empreendedores (65%) não foram orientados adequadamente a respeito dos canais que estariam disponíveis para eles quando os computadores não fossem mais úteis; nesse momento, o foco das informações repassadas diz respeito à garantia e funcionalidade dos equipamentos, embora 80% demonstre interesse por esse tipo de informação. Portanto, pode-se inferir a partir destes resultados que existe uma lacuna de consolidação da noção de responsabilidades compartilhadas por consumidores e fabricantes, as quais estão previstas na Lei que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

AGRADECIMIENTOS

Ao apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) e a Universidade Católica de Brasília (UCB) que são as instituições de apoio financeiro do projeto de pesquisa sobre Lixo Eletrônico no âmbito da UCB.

REFERENCIAS

AMORIM, Diego (2009). **Comerciantes da Feira dos Goianos se preparam para aumentar vendas**. Correio Braziliense. Cidades-DF. 09 set. 2009. Disponível em: <http://www.correiobraziliense.cm.br/app/noticia/cidades/2009/09/09/interna_cidadesdf,140871/index.shtml>. Acesso em: 25/05/2015.

Associação do Polo de Confeccões de Taguatinga (2015). **Feira do Goiano**. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia/9531383/servicos/polo-surgiu-ha-12-anos-como-feira-dos-goianos/>>. Acesso em: 25/05/2016.

BRASIL. **Lei 12.305**. (2010). Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, Planalto, Casa Civil, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 29/10/2014.

_____. Ministério do Meio Ambiente (2013). **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2013. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 07/11/2016.

BRITO, Vanessa (2010). **Polo surgiu há 12 anos como Feira dos Goianos**. Agência Sebrae de Notícias. 18 fev.2010. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia/9531383/servicos/polo-surgiu-ha-12-anos-como-feira-dos-goianos/?indice=530>>. Acesso em: 25/10/2015.

ENDEAVOR, Brasil (2013). **Empreendedores Brasileiros: Perfis e Percepções 2013**. Disponível em <<http://www.endeavor.org.br/artigos/estrategia-crescimento/cenarios-e-tendencias/as-diversas-faces-do-empreendedorismo-no-brasil>>. Acesso em 31/10/2015.

FREITAS, Bruno; GUARDA Graziela; KITAJIMA, Fernando (2013). Logística reversa: Um estudo sobre as informações que chegam aos consumidores de computadores em Brasília. In: **AIDIS - Congresso Interamericano de Residuos Solidos**, 2013.

GREENPEACE. **The e-waste problem** (2010). Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem>>. Acesso em: 10/04/2016.

LEVIN, Jack (2004). **Estatística aplicada a ciências humanas**. 9.ed. São Paulo: Prentice-Hall.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (2009). **Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies**. Recycling – from e-waste to resources, final report. July 2009, p. 45. Disponível em <http://www.pnuma.org.br/admin/publicacoes/texto/EWaste_final.pdf>. Acesso em 31/10/ 2015.

VERGARA, Sylvia Constant (2011). **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 13. ed. São Paulo: Atlas.

MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS (MCDA) FOR DAM'S RISK CLASSIFICATION

Julierme Siriano da Silva

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – Tocantins

Fernan Enrique Vergara Figueroa

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – Tocantins

Rui da Silva Andrade

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – Tocantins

Roberta Mara de Oliveira

Universidade Federal do Tocantins
Palmas – Tocantins

Bárbara Suelma Souza Costa

Universidade de Gurupi
Gurupi – Tocantins

Fabiano Fagundes

Universidade de Gurupi
Gurupi – Tocantins

ABSTRACT: This paper purposes the utilization of multi-criteria decision analysis' methods to dam's risk classification, to improve and complement management tools and help entrepreneurs, inspection institutes and professional experts. The developed methodology was applied in dams of watering projects of Formoso and Manuel Alves rivers on Tocantins State. It was used the multi-criterion analysis method ELECTRE-TRI, and it was

considered the criteria of multiple risk analysis methodologies. Technical information was raised through in loco visits and the dams were classified in four risk levels: Extreme, Height, Moderate and Low. The results demonstrate the successful use of these methods in designing dam's risks classification.

KEYWORDS: ELECTRE-TRI; Risk management; Dams safety.

1 | INTRODUCTION

For centuries dams provide benefits to society with its diverse uses. They are essential to a country's economic development; dams enable energy production, watering, water supply, among others economic activities.

On the other hand, water or residue accumulation through dams represent risks to the population that live or work near to these constructions, with records of serious accidents worldwide.

That condition concerns society about the exposing level of those risks, mainly when it comes to huge accidents that involve life losses and material damages.

According to Pataki & Cahill (1985), to be considered safe, a dam has to properly be planned, projected, built and sustained. However, to Melo (2014), a high number of

recently accidents involving these constructions shows that the safety conditions are not been fully followed.

In spite of Brazil already having the Law nº 12.334, established on 2010 – that settles security and water accumulation polices to any use, the final or temporary tailings disposition and the industrial residue accumulation –, Kochen (2016) asseverates that is essential to improve it. Specially on law inspection. So that regulatory agencies and authorities can acknowledge that security conditions are being effectively minded.

Analyzing and classifying methods applied in risks associated to dam's management are important tools, which use has been increasing; it could help in the development of detecting and preventing accidents techniques. Methods used by CEMIG, COGERH, SABESP, the Global Risk Index and the nº 143 CNRH Resolution (instrument of the nº 12.334/2010 Law) can be highlighted.

On this context, this paper demonstrates an effective multi-criterion methodology that contributes to the improvement and completion of classification, analysis and management practices of dams risks. And, consequently, provide to managers, inspectors and experts a new tool that can make classifications to any dam and that also considers each dam specificities according to the risks it presents.

2 | SAFETY OF DAMS

The first watering dam's projects date from more than 6.000 years ago, in Persia. Embankment dams were the first to be built. Afterward the first millennium A.D., significative progresses in embankment dams with more than 15 m high took place on Asia; and in Europe with masonry dams constructions (NEVES et al., 2015).

In Brazil, the most ancient dam known is in a Dutch map from 1577. It was built where today is the urban area of Recife, possibly, even before the Dutch invasion. Today, this dam is known as Apipucos dam. The original dam was widened and reinforced to allow the construction of an important access road to Recife's downtown (MELLO, 2011).

Consonant to the increasing number of dams is also an increasing concern about these constructions safety, mainly the ones in downstream areas.

In what concerns dams, safety is a very important aspect worldwide.

According to Moraes (2013), when more qualitative approaches, based on experience, are used, it is normal to express the risk as a direct result of the occurring probability of an event, and its consequence. The risk associated to a specific activity is evaluated by the probability estimative, through the frequency and the consequence in relative terms, such as "low", "medium" or "high"; and by the combination of both, using some principles previously settled.

However, to Oliveira et al. (2014), the probability estimative process demonstrates itself as too arduous, once to make estimations it is necessary to search a most appropriate alternative through settled criterion.

In this regard the experience and the knowledge about certain risks factors that are determinant to the evaluation of the involved risks.

A dam risk can change through time: by the alteration of the dam vulnerability, or by the alteration of the soil occupation or by the protection measures adopted (ARAÚJO et al., 2015). Therefore, due to the complexity demonstrated in measure dam risks, a consensual concept was spread: there is no zero risk.

To assure safety conditions to the involved society it is truthfully necessary to develop risk management actions. One of the most important tool is the risks checklist, based on accumulated experience in dam's safety.

3 | MULTI-CRITERIA CRITERIA DECISION ANALYSIS

The multi-criteria decision analysis method aims to help decision making before multiple criteria, incompatible many times, through the application of elaborated techniques and methods (LIMA et al., 2015).

Several authors, Dias et al., (2018), Marinakis et al. (2017), Tervonen et al. (2018), supported that Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) methods are especially well-suited to address strategic decision problems.

These methods deal with three kinds of mainly issues: choice, organization and classification. With a limited set of alternatives, the issue in choice consists in pick an even more limited set of the best alternatives among the considered. The issue in organization consists in characterize all the evaluated alternatives from the best to the worst. And, the issue in classification consists in allocate each alternative in predefined categories (CORRENTE et al., 2016).

With the issue clearly defined, alternatives are risen for its solution, jointly a set of decision makers and with the alternative's criteria evaluation list. Afterward identifying all these elements, it is possible to apply the quantitative procedure of multicriterion analysis (JANNUZZI et al., 2009).

To better understand MCDA methods it is necessary to know the fundamental components of decision making process. This process is realized by people who are immersed in the decision making circumstances, have common interests on the decision results, and have influence on decisions making and their particularities.

Roy & Vanderpooten (1996) demonstrate that the decision maker role can be assumed by one person or by a group in charge of the decision making. To Mello et al. (2003) decision makers could act in self-interest or in benefit of a group, where they can make choices and have preferences according to their opinion.

According to Bana and Costa (1992), the facilitator must enlighten the evaluation/negotiation process inherent to the decision making, enabling the dialog and the understanding between the actors; and build a model that considers the actors' points of view and values judgment.

The Stakholder could be any individual or group that have some connection with

the problem or could be affected by it. They are interested in the problem solution; however, they do not participate actively in the decision process.

3.1 ELECTRE-TRI

The ELECTRE-TRI method belongs to the ELECTRE methods family. It was originally demonstrated by Bernard Roy and Wei Yu (1992). The original method was designed for classifying evaluated alternatives in multiple criteria of organized and defined categories by limiting profiles (BOUYSSOU & MARCHANT, 2015).

So far, ELECTRE TRI has been extensively applied in a wide on decisional classification problems related to risk areas (Antonella et al., 2017; Takougang et al., 2015; Brito et al., 2010).

According to Costa et al. (2007) this method presents tools that help the decision maker in the process choice, reducing the cognitive effort required on the structuring phase and in classifying alternatives based on a subordination relation that determinates how the alternatives are compared to the categories limits.

Given a finite alternatives/actions set (A), valued by a family/vector of criteria (F), the ELECTRE-TRI will build a subordinated relation that represents the preferences established by the decision maker. The highly use of this relation aims to help the decision maker to resolve the problem. Given the set A of alternatives, specific sub-sets or organized categories can be classified A_1, A_2, \dots, A_n (LAURINDO et al., 2005).

According to Yu (1992), the structuring method process of the ELECTRE-TRI has 5 steps:

- (i) Determination of set A of viable alternatives, $A = \{A_1, A_2, a_3, \dots, A_n\}$;
- (ii) Determination of the criteria set $F = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$ and their weight ($k_1, k_2, k_3, \dots, k_j$);
- (iii) Limits of preference definition ($p_j(b_h)$), indifference ($q_j(b_h)$) and veto ($v_j(b_h)$), to each criterion;
- (iv) A generic class Ch is delimited by an inferior limit b_h and a superior limit $b_h - 1$.
- (v) Performance of the alternatives on the basis of criteria.

Figure 1 presents a set formed by $h+1$ class. The classes limit a_e h , considering the criteria set $F = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$:

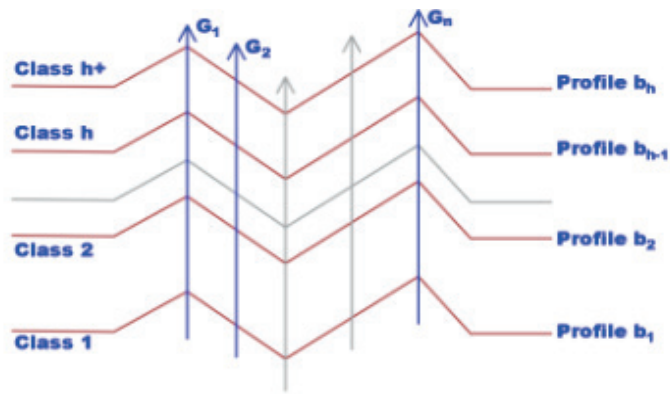


Figure 1 – Categories and limits ELECTRE-TRI method. Source: Adapted from Costa et al. (2007)

According to Szajubok et al. (2006), ELECTRE-TRI broaches problems shaped by a family of pseudocriteria, where the threshold of preference, indifference and veto $p_j(bh)$, $q_j(bh)$ e $v_j(bh)$ compose the intracriteria elements.

The threshold of indifference (q_j) corresponds to a bigger difference in performance, where the indifference situation is validated, i.e., $q_j(b)$ it is the bigger difference between $g_j(a) - g_j(b)$ that guarantees the indifference between a and b in relation to a criterion.

The threshold of preference (p_j) is the value above the decision maker demonstrates a clear preference for one alternative to another, i.e., $p_j(b)$ it is the smaller difference between $g_j(a) - g_j(b)$ compatible with the preference for the alternative a, in relation to a criterion.

The threshold of veto (v_j) is the value above the decision maker will deny any possibility of a preference relation indicated by another criterion. The threshold of veto is used on the discordance test and represents the smaller difference between $g_j(b) - g_j(a)$ incompatible with the preference a in relation to ab.

The method calculates a credibility index $\sigma(bh,a)$ that is obtained from the construction and exploitation of an over-classification relation S, validating or not validating from two conditions:

- Asserting that $aSbh$ demonstrates that “a has not an inferior performance as defined by the limit bh”.
- On the other hand, the asserting that $bhSa$, demonstrates that “the limit bh has not an inferior performance than the alternative a”.

In order to asseverate that a has a performance as good as bh – considering the criterion –, g_j can be validated by calculating the partial agreement index $c_j(a, bh)$. When g_j presents the preference sense in an increasing direction, it is computed from the following expression:

- If $g_j(a) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h)$, then $c_j(a, b_h) = 0$

- If $g_j(b_h) - q_j(b_h) < g_j(a)$, then $c_j(a, b_h) = 1$
- If $g_j(b_h) - p_j(b_h) < g_j(a) \leq g_j(b_h) - q_j(b_h)$, then:

$$c_j(a, b_h) = \frac{g_j(a) - g_j(b_h) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} \quad (1)$$

However, when a criterion g_j presents the sense of preference in a decreasing direction it is computed from the following expression:

- If $g_j(a) \leq g_j(b_h) - p_j(b_h)$, then $c_j(a, b_h) = 0$
- If $g_j(b_h) + q_j(b_h) > g_j(a)$, then $c_j(a, b_h) = 1$
- If $g_j(b_h) + q_j(b_h) \leq g_j(a) \leq g_j(b_h) + p_j(b_h)$, then:

$$c_j(a, b_h) = \frac{g_j(b_h) - g_j(a) + p_j(b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} \quad (2)$$

According to Luarindo et al. (2005) the global concordance index $C_j(b_h, a)$ expresses, in all the criteria, how far the evaluations a and b_h are favorable to the assertiveness that “ a subordinates b_h ”:

$$C_j(b_h, a) = \frac{\sum_{j \in G} c_j(a, b_h)}{\sum_{j \in G} k_j} \quad (3)$$

The partial discordance index $d_j(a, b_h)$, that determinates how far the criterion g_j opposes to the assertiveness a , presents a performance as good as b_h . Costa et al. (2007) say that, when veto concept is not adopted to an alternative, the discordance effect is annulled, and credibility is equalized to concordance.

- If $g_j(b_h) - g_j(a) \leq p_j(b_h)$, then $d_j(a, b_h) = 0$
- If $g_j(b_h) - q_j(b_h) < g_j(a)$, then $c_j(a, b_h) = 1$

$$d_j(a, b_h) = \frac{g_j(b_h) + g_j(a) - p_j(b_h)}{v_j(b_h) - p_j(b_h)} \quad (4)$$

The value of $\sigma(a, b_h)$ is calculated just as $\sigma(b_h, a)$, from the expression:

$$\sigma(a, b_h) = c(a, b_h) \cdot \prod_{j \in G} \frac{1 - d_j(a, b_h)}{1 - c(a, b_h)}, \text{ where:}$$

$$G = \{j \in G: d_j(a, b_h) > c(a, b_h)\}$$

3.2 Analytic Hierarchy Process (AHP – Classic)

This is a method of matched comparisons, developed by Saaty (1980). The AHP aims to represent the decision making process and help in obtaining the best judgments for the hierarchization and selection of the best alternative among a finite number of alternatives through calculation of their utility functions (FRANEK & KRESTA, 2014).

The criteria are demonstrated by “g1, g2, ...,gn”, their real weight by “w1, w2, ..., wn” and the matrix of relations “W =[wi/w j]”. The weight vector is the eigenvector correspondent to the maximum eigenvalue “λmax” of the matrix A (SÁNCHEZ-LOZANO et al., 2016).

This method uses the traditional eigenvector to estimate weight, measuring the consistence of the decision makers preferences on the comparison matrix from the Consistence Index, which can be obtained by equation 5.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (5)$$

The evaluations of the AHP are based on the assumption that the decision makers is rational, therefore, if A is preferable to B and B is preferable to C, then A is preferable to C. For that to happen, the Consistence Ratio (CR) is verified, and it can be higher than 0,1 (10%), otherwise the judgments are not trustful and the obtained results does not present consistent values (LIMA et al., 2015). The CR is acquired by the equation 6.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (6)$$

To the matched comparisons, Saaty (2005) defined a scale of values (1, 3, 5, 7 and 9) that cannot exceed 9 factors, so the consisted matrix can be maintained.

4 | METHODOLOGY

According to Belton & Stewart (2002) the MCDA process is developed in three steps: the first one consists in identifying the problem; the second one is the structuration of the problem; and the third one is the construction of a model that, finally, will be used to inform and do the analysis. These steps can be observed in Figure 2.

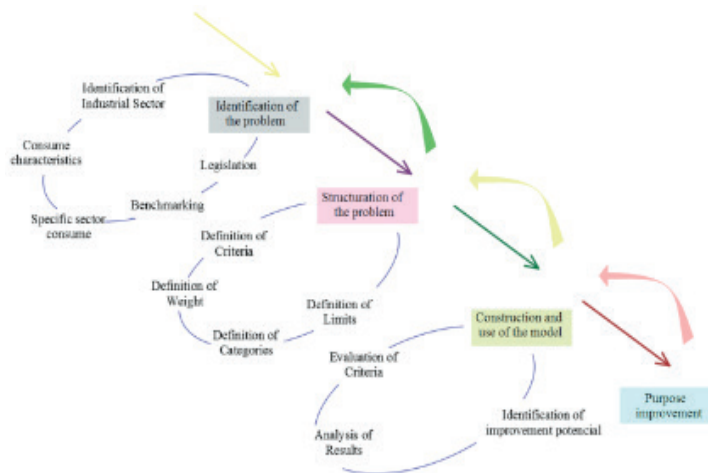


Figure 2 – MCDA process steps. Source: Adapted from Belton & Stewart (2002).

4.1 Structuration of the problem

The structuration step corresponds to the formation of the decisional environment. Interviews were made with five decision makers about the decision making, identifying the risk factors from his knowledge and experiences in dam's safety, which is the MCDA principle.

The authors intermediated, clarified and organized the opinions presented by the decision makers and the facilitator for the structuration of the method.

The group of Stakeholders was formed by riverside population, downstream community, agricultures, experts and the Catchment area of Rio Formoso Committee.

Three dam of watering accumulation were chosen for testing the method proposed.

They are huge dams and have great importance to the communities that live in their proximities: Manuel Alves and Formoso rivers project

4.2 Dam of Manuel Alves river project

The dam in the Rio Manuel Alves river, built in 2003, provides the Hydro-agricultural Utilization System, located in the cities of Porto Alegre do Tocantins and Dianópolis.

Table 1 presents the materials that composes the dam masonry construction of Manuel Alves river project.

Dam	Maximum High	Length	Coronation breadth	Kind of the dam	Reservoir total volume
Manuel Alves	30,00 m	1.470 m	7,00 m	Homogeneous land	214.000.000 m ³

Table 1 – Mainly characteristics of the Manuel Alves river dams project

Source: SEAGRO (2005).

The dam of Manuel Alves river project has an inundated area of 23,12 km². The

dam was built with homogeneous land and an internal drainage system. The inclination of the upstream slope is 1:3; and of the downstream is 1:2. It has a 120 m length underflow the dam's left side to maximum discharge of a 379 m³/s ten thousand-year project. It also has a water diversion gallery to 32m³/s (SEAGRO, 2005).

4.3 Dams of Formoso river project

Located in the city of Formoso do Araguaia, the Formoso river project is in operation since the 70's. Its mainly purpose is to make good use of the floodplain area in the Araguaia river valley for grains production.

The project – at the time, accomplished by Goiás government – has 20.550 hectares to plantation and embraces 61.000 hectares in the Javaés river tributary (RIMA, 1998).

These dams were built in the 70's. Therefore, they need restoration work to make them safe and efficient in their duties performance.

The total area of useful agricultural surface is, nearly, of 27.787 hectares. Its hydric demand is supplied by three dams in the Formoso river catchment. Taboca, Calumbi I and Calumbi II, and the own Formoso river (TOCANTINS, 2016). Table 2 presents the mainly characteristics of their dam.

Dam	Maximum High	Length	Coronation breadth	Kind of the dam	Reservoir total volume
Calumbi I	7,00 m	17.200 m	7,00 m	Homogeneous land	110.190.000 m ³
Calumbi I	7,00 m	12.700 m	12,00 m	Homogeneous land	93.520.000 m ³
Taboca	20,60 m	10.300 m	7,00 m	Homogeneous land	141.900.000 m ³

Table 2 – Mainly characteristics of the dams of Formoso river project

Source: ANA (2015).

The Calumbi I dam broke in 1985. After this dam was recovered, an operationalization with 40% of the capacity was adopted.

4.4 Identification of Risk Factors

The decision makers – based on his technical knowledge and experiences – choose the most significant criteria to compose the dam's classification table for MCDA methodology.

With the defined criteria, relative values were attributed in the construction of the matrix for the 15 criteria previously defined; the Saaty scale (1, 3, 5, 7 and 9) was used to determinate the weight, using the AHP method.

From the matched evaluation, the AHP gave the normalized eigenvalue that corresponds to the criteria weight, hierarchized according to his relevance and risks potential to the dam safety.

The AHP method was only used to obtain the relation on criteria weight. The risk analysis was defined by the ELECTRE-TRI method. And finally, the decision makers

divided the criteria in five groups described in Table 3. It was verified that the Consistence Ratio was inferior to 0,1 (10%), what validates the judgements as consistent results.

In accomplishing matched comparisons between the determined levels in each criterion (g_1, g_2, \dots, g_m), it was verified that has not occurred indifference situations with null indifference threshold ($q=0$). On the other hand, preference threshold (p_j) was defined as the minor difference in performance where the strict preference situation occurred $p=\min(g_n)$. The veto power (v_j) was used for the levels that presented great performance differences between alternatives in none of the criteria.

Criteria		Code	Weight	Preference threshold (p_j)	Indifference threshold (q_j)
External or environmental	Actions of nature	g1	0,009	15	0
Project experts	Dam's extension	g2	0,129	15	0
	Kind of the dam	g3	0,027	15	0
	Kind of the foundation	g4	0,056	15	0
	Age of the dam	g5	0,009	15	0
	Discharge of the project	g6	0,056	25	0
	Reservoir total volume	g7	0,129	15	0
Conservation	Trustworthiness of the extravasating structure	g8	0,056	25	0
	Trustworthiness of the adduction structure	g9	0,056	15	0
	Percolation	g10	0,129	25	0
	Deformation	g11	0,129	25	0
	Deterioration of the slopes	g12	0,056	25	0
Documentation	Projects	g13	0,015	15	0
	Dam management	g14	0,015	25	0
Downstream impacts	Downstream impacts	g15	0,129	15	0

Table 3 – Criteria of the method

The MCDA process requires that criteria qualitative organization were transformed in numerical values, accomplishing a codification that respects the decision maker preferences. For this process, risk levels were defined: Low, Moderate, Height and Extreme.

According to the decision makers, the **extreme risk** category embraces great dams that presents anomalies in advanced levels. In the absence of these anomalies, the dams will conform in the inferior risks classification.

In a scale that varies from 0 to 100, the decision makers defined the classification frontiers (b_h). The dams that stayed between 0 and 25 were classified as Low risk; from 25 to 50, as Moderate risk; from 50 to 75, as Height risk; and from 75 to 100, as Extreme risk. It can be observed in Table 4.

Frontiers	Risk Classification	Frontiers Values Of Each Criterion														
		g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10	g11	g12	g13	g14	g15
	Extreme	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
b3		75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	Height	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
b2		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Moderate	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
b1		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Low															

Table 4 – Frontiers for Criteria of the method proposed by this research

4.5 Dams evaluation phase

As the model has been structured, information of the dams jointing was raised. The project data, the organizational structure, the manual and inspection reports, as well as an in situ visit, were considerate when the verification of the parameters defined by the decision makers for the risk classification.

With that data, a classification was made from the software ELECTRI-TRI, version 2.0a, developed by LAMSADE – Laboratoire D’Analyse et Modélisation de Systèmes Pour l’aide à la Décision, of Dauphine University, Paris – France (MOUSSEAU et al., 1999).

At the following, the stages for generating classifications using the software ELECTRI-TRI version 2.0a:

1st - Introduction of the criteria and their respective weight;

2nd - Introduction of the profiles that composes the categories frontiers: extreme risk, height risk, moderate risk and low risk;

3rd - The introduction of all criteria levels were made, as well as their respective values;

4th - The indifference threshold values were inserted (q_j), preference (p_j) and, if necessary, veto (v_j);

5th - As the software classifies the classification alternatives in Optimist (less demanding) and Pessimist (more demanding), the option that better fits to the research has to be chosen. In this case, as it is a risk analysis study, the pessimist option – more conservative – was chosen;

6th - Other alternatives were inserted in the defined categories: Dam of Manuel Alves project and Taboca, Calumbi I and Calumbi II dams;

7th - The cutting level λ – that should be between 0,5 and 1,0 – was obtained. This index indicates how many criteria have to be accomplished, in order to classify an alternative for one of the defined risk categories.

8th - At last, it was calculated the credibility indexes that expresses for which extension ($\sigma(A, bh)$ “A overcomes bh”) and ($\sigma(bh, A)$ “bh overcomes A”), according to the global index of agreement $C(A, bn)$, and for the disagreement indexes $d(A, bh)$. This process validates the classification.

5 | ARGUMENTATION AND RESULTS

The dam’s classification obtained by the ELECTRE-TRI 2.0 can be observed in Table 5.

Barragem	Classificação Pessimista	Classificação Otimista
Manuel Alves	Risco Baixo	Risco Baixo
Taboca	Risco Extremo	Risco Extremo
Calumbi I	Risco Alto	Risco Alto
Calumbi II	Risco Alto	Risco Alto

Table 5 – Risk classification of the method purposed by the ELECTRE-TRI study.

The classification cutting level presented in Table 5 was low, i.e., near to 0,5, because the dam of *Manuel Alves* project does not present matched comparabilities in higher levels. As this value increased, incomparabilities appeared where the credibility index was not compatible to the asserting that a presents a performance as good as the frontier *bh*. Therefore, the classification loses credibility.

Doing a new classification, without the dam of *Manuel Alves* project – remaining with the *Calumbi I*, *Calumbi II* and *Taboca* dams –, it was verified that the cutting level increased to $\lambda=0,791$. With this value, it can be noticed that, the higher the cutting level is, the most rigorous and trustful is the asserting that a presents a performance as good as the frontier *bh*.

The dam of *Manuel Alves* project is in good conditions because of the maintenance procedures taken by a team that was responsible for its management

This dam has basic and executive projects, as well as manuals of utilization, operation and conservation. And the result is that it has structures in good functioning and operation.

The classification in Extreme risk level in the dam of *Taboca* on *Formoso* river project represents the lack of conservation actions. Because of the nonexistence of professional experts to do maintenance, correction and inspection works, these dams present countless anomalies.

The *Taboca* dam presents downstream water leaking, located where is – according to the project’s irrigation expert – the riverbed of *Calumbi* river. This leaking is, approximately, 21m from crest elevation, located in the dam’s foundation.

This model prescribes that the dams classified in that level needs urgent intervention, as they can break in any moment.

All *Formoso* river dams presents damage in its riprap layers because of the constantly waves and the land slipping from the slopes, plus the damages at the extravasating structures and at the floodgates.

The *Taboca* dam reflects a condition that can be found in countless Brazilian dams, as a result of the lack of interest of entrepreneurs and managers.

In classifying the dams using the Global Risk Modified Index – purposed by ICOLD in 1982, one of the firsts dam's risks checklist methods –, it was verified that the *Calumbi* and *Taboca* dams reached the Class A (height risk or unacceptable risk). The Manuel Alves project and *Calumbi* II dams were classified as Class B (controlled anomalies, but with risks to downstream).

Using the USACE (United States Army Corps of Engineers) method, developed by Andersen et al. – that aims to define priorities to evaluation and application of emergency measures in dams –, it was verified that the *Manuel Alves*, *Calumbi I* and *Calumbi II* dams present reasonable Condition Index and have to be watched. The *Taboca* dam presented Marginal Index and demands more attention than the others.

Through the *Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos of Ceará* (COGERH) methodology, created and developed by Menescal (2005), the *Manuel Alves* project dam was classified as Normal risk and the *Formoso* river project dam as Medium risk.

After Brazil has adopted the risk classification of the *Conselho Nacional de Recursos Hídricos* (Resolution nº 143 of 2012) – that presents the matrix concept of risk and of associated potential damage –, all the dams passed to Class A, i.e., present height risk.

Analyzing different classifications made with different methods, it was noticed that in spite of the divergences in classification, ELECTRE-TRI is applicable for risk classifications in dams. It can also be used as a decision support tool in dam's risk management.

Comparing to the CNRH Resolution nº 143 – used, currently, in classifications made by Brazilian inspection institutions –, it has occurred two divergences in classifications because the Conservation state team presented bigger weights. Hence, it is justifiable that *Taboca* dam presents extreme risk, since it received the highest grades on these criteria. On the other hand, the dam of *Manuel Alves* river project, that is in a good state of conservation, was considered of low risk.

The ELECTRE-TRI method allows the risks classifications to be build based on the judgment of decision makers that has the experiences and technical knowledge. It was the case employed in this study.

However, this dependence on these experts' subjective analysis can always lead to a discrepancy of results. Nevertheless, it is possible to notice that the experts have an inclination to agree with each other.

Because of the high amount of required information for classifications, the chances for the decision maker of being subjective, is also high. Maybe, having a lower number of criteria, or gathering more than a criterion in one, could help decreasing this

subjectivity.

The ELECTRE-TRI method also allows the manipulation of the data inserted by adjustments, letting the decision maker guides the classification process to a desirable, or as desirable as possible, result. This flexibility can be seen in the definition of weights and criteria, that can be changed and, consequently, act on the final product. That helps the decision maker to better express his preferences. On the other hand, there is a chance of achieving a result that not necessarily is the most reliable. The weight definition from the AHP method could decrease this possibility.

CONCLUSION

The study presented in this paper uses a multicriterion method for decision making support; purposed a classification method of risk in dams in parallel to other methods, and also aims to cooperate with risk management processes.

With this evaluation is possible to consider all risks and to define the accep' level of risk in a dam. With this information, it is easier to make better decisions related with the security of downstream areas.

Because of the complexity of these constructions, the management process is indispensable for the localization and solution of these risks. In this way, all these prevention tools could help in the evolution of dam's policies field.

The use of multi-criterion support method on ELECTRE-TRI decision proved to be effective in reaching positive results of dams risks classification.

One of the method's biggest difficulty is the agreement between the facilitator and the decision makers in listing the preference criteria. Even if these criteria could be interpreted, it would hardly give results that could faithfully express the decision makers preferences.

The criteria amount can also interfere in the classification quality. The higher the number of evaluated criteria, the bigger will be the probability in obtaining a lower cutting level, i.e., far from 1. And that generates less credibility in the classification.

One of the advantages of ELECTRE-TRI is the flexibility in choosing the criteria to build the dams' risks classification methodology. These criteria can change according to local characteristics, the final used of the reservoir or to adjust into specific values of institutions that manage these structures.

It can be concluded that MCDA achieved its main goal. Has successfully created a dam's risk classification that can be used as a support to management decision.

REFERENCES

ANA – Agência Nacional de Águas (2016). **Relatório de Segurança de Barragens - RSB (Dams Safety Report) 2015**. Brasília: ANA.

ANDERSEN, G.; CHOUINARD, L.; FOLTZ, S. (1999). **REMR Management Systems – Flood Control Structures: Condition Rating Procedures for Earth and Rockfill Embankment Dams**. USACE.

- ARAÚJO, C. C.; FILGUEIRA, H. J. A.; SILVA, T. C. (2015). **O risco e a segurança de barragens: o caso das barragens dos reservatórios para abastecimento de água para a grande de João Pessoa**, PB. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (XXI Brazilian Symposium of Hydric Resources). Brasília, DF. ISSN 2318-0358.
- ANTONELLA, C.; MARIO, E.; GIACOMO MARIA, G.; LA CONCETTA MANUELA, F. (2017). **ELECTRE TRI-based approach to the failure modes classification on the basis of risk parameters: An alternative to the risk priority number**. *Computers & Industrial Engineering*. Volume 108. Pages 100-110
- BANA AND COSTA, C. A. (1992). **Structuration, construction et exploitation d'un modèle multicritère d'Aide à la décision**. PhD Thesis in Systems Engineering. Universidade Técnica de Lisboa, IST, Lisboa.
- BELTON, V.; STEWART, T. (2002). **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- BOUYSSOU, D; MARCHANT, T. (2015). **On the relations between ELECTRE TRI-B and ELECTRE TRI-C and on a new variant of ELECTRE TRI-B**. *European Journal of Operational Research*. Volume 242, Issue 1.
- BRAZIL (2012). **Resolution nº 143 of 10th July 2012 – MMA/CNRH – Ministério do Meio Ambiente / Conselho Nacional de Recursos Hídricos (Ministry of Environment / Nacional Council of Hydric Resources)**. Brasília, DF.
- BRAZIL (2016). **Federal Senate Comissão temporária da política nacional de segurança de barragens - CTPNSB (Temporary Commission for Nacional Policy of Dams Safety): Final Report**. Brasília, DF.
- BRITO, A.J.; ALMEIDA, A.T.; MOTA, C.M.M. (2010). **A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory**. *European Journal of Operational Research*, 200.
- CORRENTE, S.; GRECO, S.; SŁOWIŃSKI, R. (2016). Multiple criteria hierarchy process for ELECTRE Tri methods. *European Journal of Operational Research*. Volume 252, Issue 1, Pages 191-203.
- COSTA, H. G.; MANSUR, A. F. U.; FREITAS, A. L. P.; CARVALHO, R. A. (2007). **ELECTRE TRI aplicado a avaliação da satisfação de consumidores**. *Revista Produção*, v. 17, n. 2, pages 230-245, May/Aug.
- DIAS, L. C.; ANTUNES, C. H.; DANTAS, G.; CASTRO, N; ZAMBONI, L. (2018). **A multi-criteria approach to sort and rank policies based on Delphi qualitative assessments and ELECTRE TRI: The case of smart grids in Brazil**. *Omega*, Volume 76. Pages 100-111
- FRANEK, J.; KRESTA, A. (2014). **Judgment scales and consistency measure in AHP**. *Enterprise and the Competitive Environment 2014 conference, ECE 2014, 6–7 March 2014, Brno, Czech Republic*. *Procedia Economics and Finance*. Volume 12, Pages 164-173.
- ICOLD (1982). **Automated observation for the safety control of dams**. Bulletin 41. ICOLD, Paris. 120 pages.
- JANNUZZI, P.M.; MIRANDA, W.L.; SILVA, D.S.G. (2009). **Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações**. *Informática Pública*, P. 69.

- KOCHEN, R. (2016). **Barragens de rejeitos e a tragédia em Mariana (MG)**. Revista Fundações & Obras Geotécnicas. Year 6 nº 65. February.
- LAURINDO, V. S.; COSTA, H. G.; GUTIÉRREZ, R. H. (2005). **ABC/ELECTRE TRI: Integração do ELECTRE TRI à classificação ABC de itens em estoque**. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (XXXVII Brazilian Symposium of Operational Research). Operational Research and Sustainable Development. Gramado, RS.
- LIMA, T.; VIANNA, D.; MARTINS, C.; COSTA, S.; MEZA, E. (2015). **Utilizando o AHP para definição dos pesos de restrições fracas na resolução de problemas de programa**. XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão (XI National Congress of Excellence in Management).
- MARINAKIS, V; DOUKAS, H.; XIDONAS, P.; ZOPOUNIDIS, C. (2017). **Multicriteria decision support in local energy planning: an evaluation of alternative scenarios for the sustainable energy action plan**. Omega, 69.
- MELO, A. V. (2015). **Análises de risco aplicadas a barragens de terra e enrocamento: Estudo de caso de barragens da Cemig GT**. 166 pages. Master's Degree Dissertation in Geotechnics – UFMG, Belo Horizonte, MG.
- MELLO, F. M. (2011). **A história das barragens no Brasil, séculos XIX, XX e XXI: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens** [editor, Corrado Piasentin]. Rio de Janeiro: CBDB.
- MELLO, J. C. C. B. S; GOMES, E.G.; LETA, F.R. e PESSOLANI, R. B. V. (2003). **Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão e sua aplicação no projeto aerodesign**. Engevista, v. 5, n. 8, pages 22-35.
- MENESCAL, R. A. (2005). **Ministério da Integração Nacional. A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil**. 2nd edition / [Rogério de Abreu Menescal et. all]. – Brasília: Proágua, 316 pages.
- MORAES, G. (2013). **Sistema de Gestão de Riscos: Estudo de Análise de Riscos**. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora, Volume 2.
- MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. (1998). **Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples**. *Journal of Global Optimization*, Volume: 12.
- MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R.; ZIELNIEWICZ, P. (1999). **ELECTRE TRI 2.0a. methodological guide and user's manual**. Paris: Université de Paris-Dauphine, Document du LAMSADE.
- NEVES, E. M.; CALDEIRA, L.; PINHEIRO, A. N. (2015). **Projeto, construção e observação de pequenas barragens de aterro**. IST – Instituto Superior Técnico. Portugal.
- OLIVEIRA, H. V. B.; VAZ, L. F.; CARNEIRO, C. D. R. (2015). **Avaliação de risco geológico em barragens**. Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental. Volume 3 – N. 1. ISSN 2237-4590.
- PATAKI, G. E.; CAHILL, J. P. (1985). **Guidelines for Design of Dams. Department of Environmental Conservation**. Broadway. Division of Water. Albany, New York.
- UFT (1998). ENVIRONMENTAL IMPACT REPORT **Projeto Formoso suplementação dos recursos hídricos do reservatório Taboca**. Fundação Universidade do Tocantins, Palmas-TO.
- ROY, B.; BOUYSSOU, D. (1993). **Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas**. Economica, Paris.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. (1996). **The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works**. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 5(1):22–37.

SAATY, T. L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York.

SAATY, T. L. (2005). **Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks**. Pittsburgh: RWS Publications.

SANCHEZ-LOZANO, J. M.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. (2016). **Comparative TOPSIS-ELECTRE TRI methods for optimal sites for photovoltaic solar farms**. Case study in Spain. Journal of Cleaner Production. Volume 127, Pages 387-398.

SZAJUBOK, N. K.; MOTA, C. M. M.; ALMEIDA, A. T. (2006). **Uso do Método multicritério ELECTRE TRI para classificação de estoques na construção civil**. Revista Pesquisa Operacional, v.26, n.3, pages 625-648.

TAKOUGANG, M.; AIMÉ, S.; PIRLO, M.; YONKEU, S.; SOME, B. (2015). **Assessing the response to land degradation risk: The case of the Loulouka Catchment Basin in Burkina Faso**. Evaluation and decision models with multiple criteria: Case studies, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

TERVONEN, T.; USTYUGOVA, A.; BHASHYAM, S. S.; LIP, G. Y. H.; VERDECCHIA, P.; KWAN, R.; GROPPER, S.; HEINRICH-NOLS, J.; MARSH, K. (2017). **Comparison of Oral Anticoagulants for Stroke Prevention in Nonvalvular Atrial Fibrillation: A Multicriteria Decision Analysis**. Value in Health Volume 20, Issue 10. Pages 1394-1402

TOCANTINS. **Perfil do Agronegócio tocantinense versão final (P6). Relatório Final Contrato: nº 034/ 2015**. SEPLAN. Palmas, TO.

SEAGRO – Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Agriculture, Cattle and Supply Secretary) (2005). **Manuais de operação, conservação e manutenção da barragem do Projeto Rio Manuel Alves**.

YU, W. (1992). **ELECTRE TRI – Aspects methodologiques et guide d’utilisation**. LAMSADE. Paris: Université de Paris-Dauphine, 1992.

Yu, W.; Roy, B. (1992). **“ELECTRE TRI – aspects méthodologiques et Manuel d’utilisation”**. Université de Paris Deuphine, Paris. p.80.

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

B

Bacia hidrográfica 6, 57, 68, 105, 115, 119, 120, 130, 150

Balneabilidade 7, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92

Biofiltros 139, 141

C

Caracterização 5, 57, 58, 59, 63, 112, 162, 170, 171, 181, 182, 183, 187

Comunidade rural 6, 14, 15, 25, 102

D

Descarte Inapropriado 190

Diagnóstico ambiental 5, 6, 57, 58

E

Educação Ambiental 92, 151, 164, 177, 179, 189

Ensaio de Tratabilidade 105, 112, 113, 115, 116, 117, 119, 121, 122, 123, 124, 126, 129

Equipamento de Informática e Hardware 190

Esgotamento sanitário 14, 15, 17, 20, 25, 26, 30, 46, 52, 120

ETA 105, 106, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 128, 129

G

Gerenciamento de Resíduos Sólidos 8, 160, 162, 163, 169

Gerenciamento de Riscos 106, 107

Gestão Ambiental 79, 177, 192, 217

Gestão comunitária 41, 43, 50, 51, 52, 53, 54

Gestão de Riscos 105, 106, 107, 117, 118, 215

Globalização 170, 171

I

Indústria Gráfica 8, 160, 161, 162, 163, 165, 168

L

Lagoa de estabilização 21, 139, 141

M

Matriz Tecnológica 6, 41, 42, 43, 46, 48, 50, 51, 52

Modo de produção camponesa 41

O

Otimização 7, 28, 112, 115, 118, 119, 121, 129, 130, 160, 162, 166, 167

P

Permeabilidade 7, 131, 133, 134, 135, 136, 137, 138
Plano de Gestão de Resíduos Sólidos 188
Plano de Segurança da Água 105, 106, 112, 117
Política pública de saneamento básico 6, 1
Política Tarifária e Desempenho Econômico do Setor de Saneamento Básico 27
Potabilidade da Água 7, 93, 94, 96, 97, 101, 102
Prestação de serviço 6, 41, 42, 43, 48, 54
Privatização 1, 7, 11
Produção Mais Limpa 8, 160, 161, 168, 169

Q

Qualidade Ambiental 5, 57, 58, 79
Qualidade da água 54, 68, 79, 81, 85, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 112, 115, 117, 119, 120, 121, 149, 178

R

Regulação 5, 6, 8, 9, 10, 11, 27, 28, 29, 34, 37, 38, 40
Remoção de microalgas 139, 141
Reservação Domiciliar 93, 94, 98
Reservatório 93, 94, 101, 104, 215
Resíduos Sólidos 5, 8, 8, 10, 13, 46, 58, 86, 131, 138, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 171, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 198, 199
Restauração 54, 147
Riscos Inerentes Externos 105, 113, 116, 117

S

Saneamento básico 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 48, 49, 50, 53, 54, 56, 91, 92, 94, 120
Saneamento Rural 6, 15, 26, 41, 42, 43, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56
Saúde Pública 15, 23, 45, 49, 79, 80, 94, 102, 103

T

Tratamento de Água Convencional 7, 105, 112, 113, 116, 117, 118, 119, 121, 129, 130

