

Jader Silveira (Org.)

SUSTENTABILIDADE e MEIO AMBIENTE

Tecnologias e Ações



Jader Silveira (Org.)

SUSTENTABILIDADE e MEIO AMBIENTE

Tecnologias e Ações



2022 – Editora Uniesmero

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Organizador

Jader Luís da Silveira

Editor Chefe: Jader Luís da Silveira

Editoração e Arte: Resiane Paula da Silveira

Imagens, Arte e Capa: Freepik/Uniesmero

Revisão: Respective autores dos artigos

Conselho Editorial

Dr. Jadilson Marinho da Silva, Secretaria de Educação de Pernambuco, SEPE

Dra. Claudia de Faria Barbosa, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB

Dra. Náyra de Oliveira Frederico Pinto, Universidade Federal do Ceará, UFC

Dr. Lucas Dias Soares Machado, Universidade Regional do Cariri, URCA

Dra. Rosilene Aparecida Froes Santos, Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES

Dr. Iran Rodrigues de Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia Professor Dirson Maciel de Barros, FADIMAB

Dra. Viviane Lima Martins, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, IFMG

Dra. Cristiana Barcelos da Silva, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, UENF

Me. Dirceu Manoel de Almeida Junior, Universidade de Brasília, UnB

Ma. Cinara Rejane Viana Oliveira, Universidade do Estado da Bahia, UNEB

Esp. Jader Luís da Silveira, Grupo MultiAtual Educacional

Esp. Resiane Paula da Silveira, Secretaria Municipal de Educação de Formiga, SMEF

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S587s Silveira, Jader Luís da
Sustentabilidade e Meio Ambiente: Tecnologias e Ações - Volume 1 / Jader Luís da Silveira (organizador). – Formiga (MG): Editora Uniesmero, 2022. 109 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-84599-91-8

DOI: 10.5281/zenodo.7493611

1. Sustentabilidade. 2. Meio Ambiente. 3. Tecnologias. 4. Ações. I. Silveira, Jader Luís da. II. Título.

CDD: 577.8

CDU: 577.4

Os artigos, seus conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.

Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Editora Uniesmero
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001

www.uniesmero.com.br

uniesmero@gmail.com

Formiga - MG

Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:

<https://www.uniesmero.com.br/2022/12/sustentabilidade-e-meio-ambiente.html>



AUTORES

**ABRAÃO EVANGELISTA SAMPAIO
ALAÍDE RÉGIA SENA NERY DE OLIVEIRA
ALYNE GESSICK PINHEIRO DA SILVA LIMA
CASSIANE RAMOS BARBOSA
CÍCERA CILENE BEZERRA MOREIRA
DANIEL SALGADO PIFANO
FÁBIO LUIZ BIM CAVALIERI
JANE PAULINO PEREIRA
JULIANA FILGUEIRA DE OLIVEIRA
LARISSA DA COSTA RODRIGUES BARTOLOMEU
LEDA MARIA DE ALMEIDA NELO
LINDAMAR BEZERRA DA SILVA
MARCIA APARECIDA ANDREAZZI
MARÍLIA CRISTINA CAMPÊLO CAMINHA
NÁDIA TERESINHA SCHRÖDER
RENATA FARIA OLIVEIRA
RENATO DE SOUSA SILVA
RUTE GROSSI MILANI
SIDNEI DO AMARAL FREIRE**

APRESENTAÇÃO

A Sustentabilidade é a capacidade de sustentação ou conservação de um processo ou sistema. A sustentabilidade é alcançada através do Desenvolvimento Sustentável, de forma que o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades.

O desenvolvimento sustentável tem como objetivo a preservação do planeta e atendimento das necessidades humanas. Isso quer dizer que um recurso natural explorado de modo sustentável durará para sempre e com condições de também ser explorado por gerações futuras.

A obra “Sustentabilidade e Meio Ambiente: Tecnologias e Ações” foi concebida diante artigos científicos especialmente selecionados por pesquisadores da área.

Os conteúdos apresentam considerações pertinentes sobre os temas abordados diante o meio de pesquisa e/ou objeto de estudo. Desta forma, esta publicação tem como um dos objetivos, garantir a reunião e visibilidade destes conteúdos científicos por meio de um canal de comunicação preferível de muitos leitores.

Este e-book conta com trabalhos científicos da área de Gestão Ambiental e meio ambiente, aliados às temáticas das práticas ligadas a sustentabilidade, a inovação, bem como os aspectos que buscam contabilizar com as contribuições de diversos autores. É possível verificar a utilização das metodologias de pesquisa aplicadas, assim como uma variedade de objetos de estudo.

SUMÁRIO

Capítulo 1 EFLUENTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE – CE COM ÊNFASE NA REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS <i>Cícera Cilene Bezerra Moreira; Lindamar Bezerra da Silva; Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima; Abraão Evangelista Sampaio; Juliana Filgueira de Oliveira; Renato de Sousa Silva; Marília Cristina Campêlo Caminha; Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira; Jane Paulino Pereira; Daniel Salgado Pifano</i>	8
Capítulo 2 RISCOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DE UM CEMITÉRIO MUNICIPAL <i>Cassiane Ramos Barbosa; Nádia Teresinha Schröder; Renata Faria Oliveira</i>	26
Capítulo 3 ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO PARA MELHORIA NA QUALIDADE DE ÁGUA EM ACOPIARA – CE <i>Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima; Cícera Cilene Bezerra Moreira; Lindamar Bezerra da Silva; Abraão Evangelista Sampaio; Juliana Filgueira de Oliveira; Renato de Sousa Silva; Marília Cristina Campêlo Caminha; Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira; Jane Paulino Pereira; Daniel Salgado Pifano</i>	46
Capítulo 4 LEVANTAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO <i>Leda Maria de Almeida Nelo</i>	60
Capítulo 5 REÚSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS DOS FILTROS DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA NO DISTRITO DE IARA – BARRO – CE <i>Lindamar Bezerra da Silva; Cícera Cilene Bezerra Moreira; Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima; Abraão Evangelista Sampaio; Juliana Filgueira de Oliveira; Renato de Sousa Silva; Marília Cristina Campêlo Caminha; Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira; Jane Paulino Pereira; Daniel Salgado Pifano</i>	83
Capítulo 6 ECOLOGIA AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA <i>Larissa da Costa Rodrigues Bartolomeu; Sidnei do Amaral Freire; Marcia Aparecida Andreazzi; Rute Grossi Milani; Fábio Luiz Bim Cavaliere</i>	97
AUTORES	107

Capítulo 1
**EFLUENTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS
GERADOS NA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA NO
MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE –
CE COM ÊNFASE NA REUTILIZAÇÃO
DOS RESÍDUOS**

*Cícera Cilene Bezerra Moreira
Lindamar Bezerra da Silva
Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima
Abraão Evangelista Sampaio
Juliana Filgueira de Oliveira
Renato de Sousa Silva
Marília Cristina Campêlo Caminha
Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira
Jane Paulino Pereira
Daniel Salgado Pifano*

EFLUENTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS GERADOS NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VÁRZEA ALEGRE – CE COM ÊNFASE NA REUTILIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Cícera Cilene Bezerra Moreira

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;
cilenemoreira1984@gmail.com*

Lindamar Bezerra da Silva

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;
lindabezerrabrasiliano@gmail.com*

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos; alynegessick@gmail.com*

Abraão Evangelista Sampaio

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão dos Recursos Hídricos; abraaoes@hotmail.com*

Juliana Filgueira de Oliveira

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Bacharelado em Engenharia Ambiental; filgueiras.juliana@gmail.com*

Renato de Sousa Silva

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Bacharelado em Administração; renatosppce0206@gmail.com*

Marília Cristina Campêlo Caminha

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Tecnóloga em Gestão Ambiental; marilia.caminha@cagece.com.br*

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Educação; alaideregiasena.nery@gmail.com

Jane Paulino Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Teologia; janepaulino2@gmail.com

Daniel Salgado Pifano

Universidade Federal do Vale do São Francisco–UNIVASF.

Doutorado em Engenharia Florestal; daniel.pifano@univasf.edu.br

RESUMO

A disposição inadequada dos resíduos líquidos que são produzidos em estação de tratamento de água - ETA constitui um problema ambiental que merece atenção tendo em vista a necessidade de preservar a qualidade hídrica dos mananciais, pois sofrem influência do lançamento inadequado desses resíduos. Foi realizado o monitoramento das análises laboratoriais da água bruta, água filtrada e água de lavagem dos filtros que avaliou as características físico-químicas e microbiológicas da ETA e Estação de Tratamento de Rejeito Gerado – ETRG. Dos resíduos gerados destaca-se a bora gerado na ETRG e o efluente utilizado nos procedimentos de limpeza e descarga dos filtros o qual muitas vezes é lançado no meio ambiente. Os resultados das análises foram confrontados com as diretrizes e normas que estabelecem padrões seguros e confiáveis para uso da água em atividades agrícolas conforme legislação Vigente a Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH Nº 121, de 16 de Dezembro de 2010 que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH lei Nº 54, de 28 de novembro de 2005 e a Resolução COEMA Nº 02 de fevereiro de 2017 em nível do Estado Ceará.

Palavras-chave: Reutilização, Resíduos Sólidos, Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

ABSTRACT

The inadequate disposal of liquid waste that is produced in a water treatment plant - ETA is an environmental problem that deserves attention in view of the need to preserve the water quality of springs, as they are influenced by the inappropriate release of these wastes. The monitoring of laboratory analyzes of raw water, filtered water and washing water of the filters was carried out, which evaluated the physicochemical and microbiological characteristics of the WTP and Generated Tailings Treatment Station - ETRG. Of the waste generated, the bora generated in the ETRG and the effluent used in the cleaning and discharge procedures of the filters,

which is often released into the environment, stand out. The results of the analyzes were compared with the guidelines and norms that establish safe and reliable standards for the use of water in agricultural activities according to the legislation in force, the Resolution of the National Council of Water Resources - CNRH Nº. 121, of December 16, 2010, which establishes guidelines and criteria for the practice of direct non-potable reuse of water in agriculture and forestry, defined in the CNRH Resolution Law Nº. 54, of November 28, 2005 and the COEMA Resolution Nº. 02 of February 2017 at the Ceará State level.

Keywords: Reuse, Solid Waste, Water Resources Management.

INTRODUÇÃO

No Brasil, especialmente nas regiões que sofrem com a escassez de água e/ou com água disponível de qualidade inadequada para o cultivo agrícola, uma alternativa potencial de racionalização dos recursos hídricos é o reúso, mesmo porque a irrigação agrícola, representa quase 70% do consumo da água captada. Presentemente, no Brasil, a maior parte das estações de tratamento de água - ETA lançam seus resíduos gerados in natura, isto é, sem tratamento prévio, causando múltiplos impactos ambientais ao homem, com o aumento da concentração de metais tóxicos e sólidos em suspensão, sedimentáveis, microrganismos patógenos nos mananciais prejudicando a qualidade das águas.

A gestão dos resíduos líquidos gerados que são produzidos em ETA tem consistido em componente de numerosos estudos, pois a disposição desses efluentes de forma inadequada e sem controle constitui uma dificuldade ambiental que faz jus a atenção. Dentre os resíduos gerados na ETA os efluentes dos processos de limpeza dos filtros e a descarga de lavagem merecem atenção para o devido tratamento.

O direcionamento inadequado dos resíduos de ETAs é um contexto inquietante que necessita ser examinado, de modo especial pelas concessionárias e prestadoras de serviços de abastecimento de água e coleta de esgotamento sanitário.

OBJETIVOS

Objetivos Geral

Verificar a qualidade dos efluentes produzidos em ETA com finalidade de reúso, gerados nos resíduos, nas lavagens dos filtros e descarga de fundo da estação de tratamento de água no município de Várzea Alegre – CE para fins agrícolas.

Objetivos Específicos

- Analisar as potencialidades do reúso de efluente tratado na Estação de tratamento de Água;
- Verificar quais indicadores se adequam melhor nas atividades desenvolvidas para fins agrícolas;
- Propor mudanças do processo de reúso da água de lavagem dos filtros e das descargas de fundo dos filtros a fim de redução dos custos operacionais;
- Sugerir uma modelagem no tratamento adicional de efluentes com finalidade de reúso agrícola;
- Ponderar através da técnica de reúso para fins agrícolas a gestão dos recursos hídricos na ETRG;

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A aplicação da água de reúso é um fato recorrente em todo o mundo. Nos Estados Unidos no estado da Califórnia, em 1918, foi emitida a primeira regulação oficial sobre a utilização agrícola de esgoto sanitário que se tem conhecimento, após isso essas técnicas só vêm se aprimorando e conquistando cada vez mais espaço no planejamento urbano. Países como Israel, Japão, Estados Unidos, México, África do Sul e China vem adotando técnicas de reúso adaptadas as suas realidades (SOUZA, 2018).

Na região Nordeste do Brasil devido as constantes crises hídricas, faz-se necessário avaliar outras alternativas sustentáveis, social e economicamente que orientem a criação de programas de gestão de recursos hídricos. O reúso é uma maneira de utilizar a água de forma ambientalmente adequada nessa região. Assim, é considerado um importante instrumento de gestão ambiental do recurso água e detentor de tecnologias já consagradas para sua adequada utilização (MANCUSO e SANTOS, 2003).

Em nível do Estado do Ceará considerando que o reúso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos e considerando as prerrogativas das Resoluções nº 54 de 2005 e as práticas de reúso com a Lei Estadual nº 16.033 de 20 de junho de 2016 no Art. 1º esta lei estabelece critérios para o reuso de água não potável, com objetivo de viabilizar e estimular a sua ação no Estado do Ceará, tendo por fundamento o disposto no art.326,

incisos I e II, e § 1º, incisos I e II, da Constituição do Estado, além do disposto na Lei n.º 14.844, de 28 de Dezembro de 2010.

No estado do Ceará a Resolução COEMA Nº 2 DE 02/02/2017 dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. A supracitada Resolução foi elaborada considerando a Lei Estadual nº 16.033/2016, que dispõe sobre a política de reuso de água não potável no âmbito do estado do Ceará.

Com os problemas associados à escassez e poluição de corpos hídricos, o reúso de efluentes tratados torna-se cada vez mais necessário no contexto mundial. Nesse sentido, o reúso pode contribuir por meio da diminuição da quantidade captada em mananciais destinados ao abastecimento, do aumento da vida útil de estações de tratamento de água e da diminuição dos riscos e custos associados a busca por novos mananciais (MORUZZI, 2008).

Na tentativa de minimizar a escassez de oferta de água vários setores têm desenvolvido práticas e processos de reúso, recuperação e reciclagem da água para diferentes fins (HESPANHOL et al, 2002). O reúso de água pode se dar de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não planejadas.

Os benefícios da água de reúso proveniente de tratamento de ETA para uso agrícola são vários, podendo-se mencionar a possibilidade de substituição parcial ou total da água de irrigação e a incorporação de nutrientes contidos nos efluentes.

Segundo Von Sperling (2014) a escolha em relação ao processo seguido para o tratamento e o acondicionamento dos efluentes de ETA necessita ser proveniente entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação dos valores quanti e qualitativos para cada opção. A tecnologia no reúso utilizada na ETRG torna a qualidade físico-química e bacteriológica adequada para que possa retornar à produção inicial do tratamento ou ser utilizada com reúso agrícola sem comprometer a colmatção do leito filtrante e o meio ambiente.

Ao analisar as soluções viáveis para a utilização dos efluentes de Estação de Tratamento de Rejeito Gerado – ETRG busca-se produzir soluções de baixo custo e de fácil manipulação pelos operadores que manipula as Estações de Tratamento de água (MOREIRA, 2019).

METODOLOGIA DA PESQUISA

Várzea Alegre é um município do estado do Ceará localizado na região centro-sul do estado, distante 467 km de Fortaleza, com área aproximadamente 811,20 km² e uma população de 48.612 habitantes em 2009 (IBGE, 2016). As Coordenadas geográficas de Várzea Alegre Latitude: 5° 21' 0" Sul, Longitude: 40° 22' 60" Oeste.

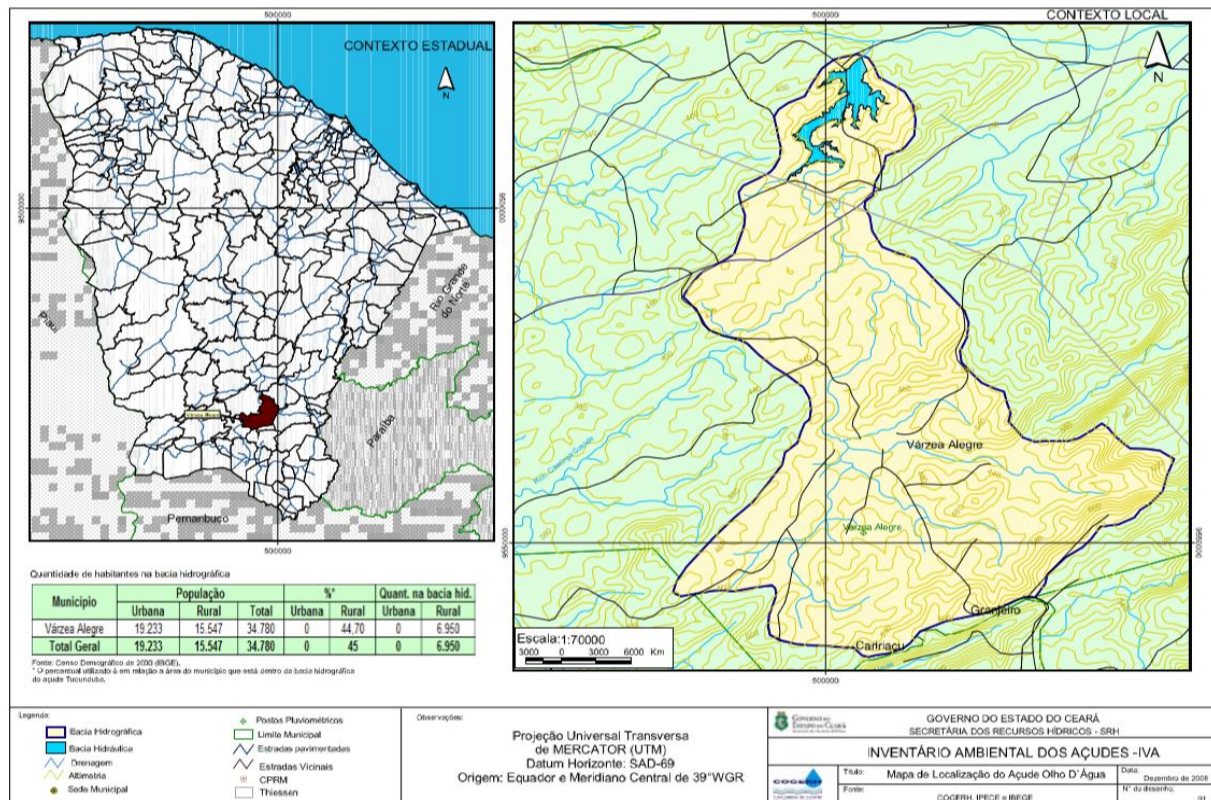


Figura 1: Mapa de Localização de Várzea Alegre. Fonte: Inventário Ambiental dos Açudes, 2008.

A área de estudo é localizada no Município Várzea Alegre, no estado do Ceará é composta por uma Estação de Tratamento de Água – ETA de tratamento Convencional onde são dotados dos seguintes processos: floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação com filtração direta ascendente com 5 filtros em vibra de vidro e uma Estação de Tratamento de Rejeito Gerado – ETRG.



Figura 2: Localização da Estação de Tratamento de Água do Manancial de abastecimento. Fonte: Moreira, 2020.

A Figura 02 apresenta a localização da Estação de Tratamento de Água – ETA onde ocorrem os seguintes processos: floculação, decantação, filtração, correção de pH, desinfecção (cloração) e fluoretação com é de filtração direta ascendente, composta por 05 (cinco) filtros em fibra de vidro e desinfecção filtração direta ascendente com 5 filtros em vibra de vidro e uma Estação de Tratamento de Rejeito Gerado – ETRG. Depois da ETA segue para tratamento na ETRG onde os efluentes das lavagens dos filtros são tratados.



Figura 3: Filtros em fibra de vidro. Fonte: Moreira, 2020.



Figura 2: Tubulações de entrada e saída dos filtros. Fonte: Moreira, 2020.

Para condução do presente estudo foram realizadas visitas de campo para compor mais detalhadamente sobre o tratamento, ocorreram visitas in loco concernentes a o acompanhamento da ETRG combinado com os resultados de

análises físico-químicas e microbiológicas dos efluentes da ETA/ETRG, as quais são realizadas e disponibilizadas pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

A periodicidade das coletas foram mensais e correspondem de 01/2018 a 01/2019, contemplou-se uma amostragem dupla no início da ETA e no final da ETRG para cada um dos períodos de 12 meses, totalizando 84 análises realizadas. Neste trabalho, a caracterização das análises de água foi realizada por meio da metodologia prescritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA,1995).

Todas as amostras (água de lavagem dos filtros na saída da ETA e água bruta início da ETA) foram coletadas, uma vez ao mês, consecutivamente, pela parte da manhã, entre às 9h e 11h, por meio de amostragem composta. Na seguinte sequência: 1) A água bruta será no início da ETA; 2) A água de lavagem de filtro foi colhida na parte central e superior da ETRG, obedecendo a rotina da ETA.

As análises do Relatório de Monitoramento da ETA são: Alcalinidade, Alumínio, Amônia, Cálcio, Cloreto, Cloro, Coliformes Totais, Condutividade, Cor, Dureza, Escherichia coli, Ferro total e Dissolvido, Fluoreto, Magnésio, manganês, Nitrito, Nitrato, pH, Sólidos Dissolvidos Totais, Sulfatos, Surfactantes e Turbidez. Já as análises do relatório de monitoramento de rejeito de ETA/ETRG são: Alumínio, Cálcio, cloreto, Condutividade, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, pH, Sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais.

Os resultados do monitoramento das amostras de água da ETA e ETRG foram analisados utilizando estatística descritiva: média aritmética, valores mínimos, médios e máximos. Em todas as análises estatísticas realizadas, considerou-se como, estatisticamente significantes, valores de $p < 0,01$. A média aritmética para o cálculo dos dados de Volumes foram realizadas utilizando a seguinte Equação 1.

Seja os números reais $x_1, x_2, \dots, x_n$ a média aritmética é definida por:

$$M = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N}$$

equação (1)

N

Onde n é o total de valores somados em que: $X_1, X_2, \dots, X_n$ são os valores registrados nas análises da água bruta, tratada e filtrada e N é o número de amostra.

A coleta de dados e pesquisa em campo foram somatórios para composição do referido trabalho compondo um arcabouço de informações já realizados sobre o reúso das águas de lavagens dos filtros em ETAs, além de desenvolver e acompanhar a Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados - ETRG em Várzea Alegre.

Quadro 1. – Padrões da Resolução COEMA Nº02/2017 no Art. 14 e CONAMA Nº 357/2005 Classe 2. Fonte: Adaptado (BRASIL, 2005) e Moreira (2020), CONAMA Nº 357/2005 e COEMA Nº02/2017 Legenda: NE – Não Especificado; NMP – Número Mas Provável, VMP – Valor Máximo Permitido.

Padrões da Resolução N°02/2017 Art. 14 COEMA e CONAMA N° 357/2005 Classe 2					
Parâmetros	Unidade	Resultado médio saída ETA	Resultado médio da ETRG	VMP	Legislações Vigentes
Alumínio	mg L ⁻¹	0,05	0,02	10	COEMA N°02/2017
Cálcio	mg L ⁻¹	28,5	24,8	-	-
Cloreto	mg L ⁻¹	30	26,71	-	-
Condutividade	uS/cm	330	317,8	-	-
DBO	mg L ⁻¹	-	-	Remoção > 65%	CONAMA N° 357/2005
DQO	mg L ⁻¹	20,56	20,56	Remoção > 70% e 200	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Nitrato	mg L ⁻¹	0,09	0,09	-	-
Nitrito	mg L ⁻¹	0	0	-	-
Ph	-	8,4	7,9	5 - 9 e 6 - 9,5	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Potássio	mg L ⁻¹	12	12	-	-
Sódio	mg L ⁻¹	15	21	-	-
Sol. Sedimentáveis	mg L ⁻¹	0,5	0,1	1	COEMA N°02/2017

Sól. Suspensos Totais	mg L ⁻¹	29	5,6	100	COEMA N°02/2017
Temperatura	°C	28	30	< 40	CONAMA n° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Turbidez	mg L ⁻¹	0,6	0,5	< 100	CONAMA N° 357/2005
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	Ausente	Ausente	NMP/100mL	CONAMA N° 357/2005 e COEMA N°02/2017
Óleos Vegetais e Gorduras	-	Ausente	Ausente	Ausente	CONAMA n° 357/2005
Materiais Flutuantes	-	Virtualmente Ausente	Virtualmente presente	Ausente	COEMA N°02/2017

Os dados dos parâmetros obtidos nos efluentes da ETRG em Várzea Alegre foram comparados com os Padrões das Resoluções COEMA N°02/2017, CONAMA N° 357/2005 Classe 2 e com as diretrizes para interpretação da qualidade de água para irrigação de Ayers & Westcot (Lima et.al 2008) para verificar a adequação desse rejeito ao uso agrícola.

Em relação ao volume produzido pela ETA foram quantificados os seguintes dados: A vazão média é 321,0 h⁻¹, sendo que sua per capita fornecida varia em torno de 138 litro/habitante.dia, onde a distribuição ocorre durante os 30 dias no mês durante 13,5 horas por dia com índice de perdas na produção de água – IPPA de 2,51%.

O desenho esquemático da figura – 05 mostra a separação da água bruta, água tratada e água de Rejeito representadas por cores. A água bruta representada pela cor Vermelha sendo a água do Manancial o açude Dep. Luiz Otacílio Correia – conhecido popularmente como açude Olho D'Água. Já a água tratada simbolizada pela cor Azul mostra a água tratada depois da estação de tratamento de água pronta para ser encaminhada para população de Várzea Alegre.

A cor marrom simboliza água de descarga e da lavagem dos filtros segue para tratamento na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados – ETRG. A cor verde simboliza água do reúso pós tratamento da ETRG.

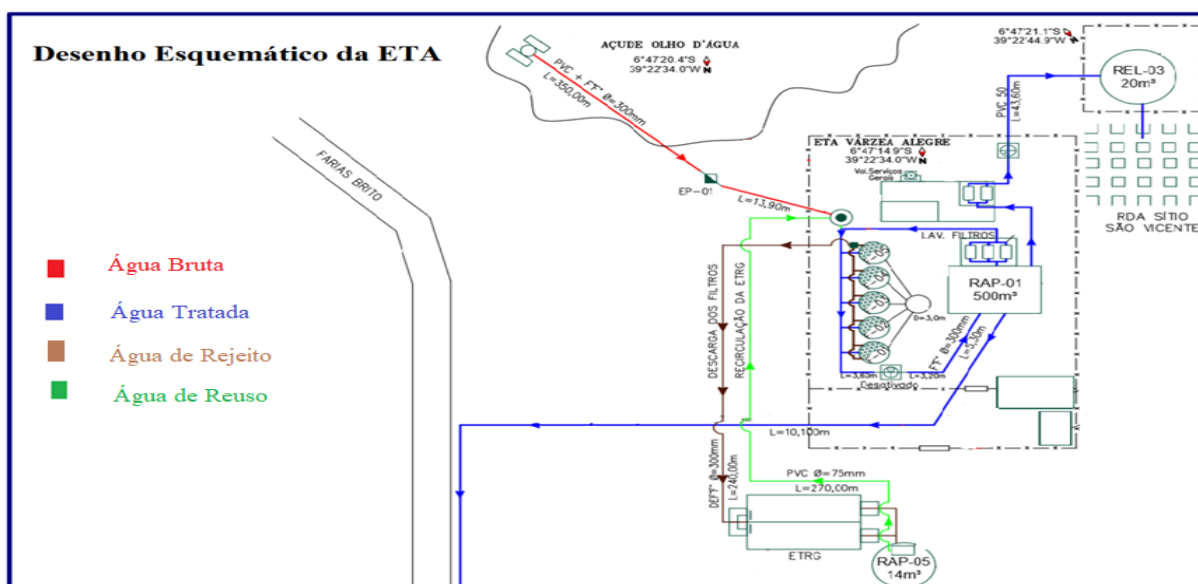


Figura 5: Fluxograma das Vazões, Água Bruta, Água Tratada e Água do Rejeito (Reúso). Fonte: Adaptado: Companhia de Água e esgoto do Ceará - CAGECE, 2019.

A ETA produz o volume diariamente em torno de 126.669,85m³ onde parte desse supracitado volume distribuído é 122.855,0m³ para o abastecimento de água no município de Várzea Alegre. Vale destacar que o volume de lavagem é aproximadamente 6.814,55 m³ o que equivale a 5,249% do volume produzido pela ETA. Volume esse considerado muito grande necessitando ter um reúso para destinação sustentável.

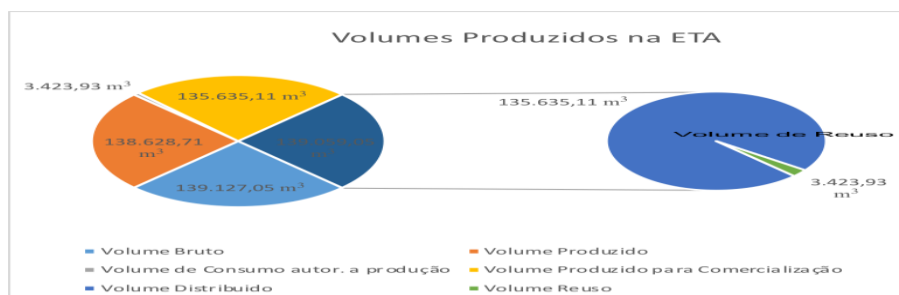


Figura 6: Volumes que compõem a ETA e volume de reuso. Fonte: Moreira, 2020.

Os volumes apresentados da ETA são os quantitativos de volumes que compõem a Estação de Tratamento. Volume Bruto - 139.127,05 m³, Volume Produzido - 138.628,71 m³, Volume de Consumo Autorizado para a produção - 3.423,93 m³, Volume Produzido para a comercialização - 135.635,11 m³, Volume distribuído - 135.635,11 m³, Volume de Reúso – 3.423,93 m³.

ANÁLISE DOS DADOS

A água dos rejeitos gerados da ETA é representada pela cor verde. A mesma inicia com o processo de tratamento de água e encaminhada para ETRG. Assim, a água de descarga e da lavagem dos filtros seguirá para tratamento na Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados - ETRG, a configuração descrita na figura 5 esquemático da ETA.

A fase 01, quando o efluente bruto entra na ETRG com lâmina em torno de 50cm onde ocorre adição de produto químico a fim de formar flocos, aplicado pelo processo de coagulação através de aplicação de produtos químicos para sedimentar os sólidos suspensos, devolvidos em solução e desestabilização de suspensões coloidais de partículas sólidas.

Na fase 02 por processo físico por evaporação e sedimentação acontece a separação dos sólidos e líquidos. Esse processo físico que consiste na passagem lenta e gradual de um estado líquido para um estado de vapor, em função de aumento natural ou artificial de temperatura.



Figura 7: Fase 01. Moreira, 2020. Fonte: Moreira, 2020.



Figura 3: Fase 01. Fonte: Moreira, 2020.

Já na fase 03 os sólidos estão quase totalmente secos onde são separados com ferramentas apropriadas e disposta em contêiner encaminhados para UNBSA - Juazeiro do Norte para ser disposta em Bags para sua estabilização final e posterior disposição final.



Figura 9: Fase 03 Leitos com os sólidos secos. Fonte: Moreira, 2020.



Figura 4: Fase 03 Leitos com os sólidos secos. Moreira, 2020.

Já na fase 03 os sólidos estão quase totalmente secos onde são separados com ferramentas apropriadas e disposta em contêiner encaminhados para UNBSA - Juazeiro do Norte - CE para ser disposta em Bags para sua estabilização final e/ou posterior disposição final.

De acordo com os dados obtidos através das análises nota-se a partir do Quadro .1, as análises (Alumínio, DQO, pH, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais) com as

análises (Alumínio, Cálcio, Cloreto, Condutividade elétrica, DQO, Nitrato, Nitrito, Potássio, Sódio, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, pH, Temperatura e materiais Flutuantes e Coliformes Totais); nota-se que os valores não ultrapassam os valores permitidos pela resolução COEMA Nº02/2017 e CONAMA Nº 357/2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as lavagens dos filtros é gerado um volume com vazão de aproximadamente 6.814,55 m³ o que equivale a 5,255% do volume produzido pela ETA. Depois que o volume sai dos filtros o mesmo é conduzido por bombeamento a tubulação para a ETRG para ser tratado o efluente. Vale ressaltar que o efluente tratado pode ser bombeado tanto para o início da ETA ou retornar para o reúso agrícola sem prejuízos para o meio ambiente. Enquanto, o lodo retido na manta geotêxtil serão descarregados para uma adequada disposição final, podendo ser utilizado como bioestabilizador na agricultura ou agregados na construção civil. Será fruto de estudos posteriores o agregado como compostagem do lodo gerado na estação para obtenção de biossólido o qual será analisado para se verificar sua adequação como adubo orgânico (MOREIRA, 2018).

Sobre a fase sólida, o resíduo sedimentado é adensado e desidratado no sistema de tratamento de lodos da ETA, formado por leitos de drenagem, que serão utilizados alternadamente. O estudo sobre o reúso neste sistema é de fundamental importância, para reduzir os lançamentos de resíduos líquidos produzido na ETA na natureza e a reutilização de água. Com a ETRG resolveu o problema do descarte inadequado e reduzir a vazão da água bruta que vem do manancial, através do reaproveitamento da água das lavagens dos filtros. O processo de tratamento utiliza processos físicos e químicos para que a água fique com as propriedades desejadas com a Legislação de Reúso do estado do Ceará.

No município de Várzea Alegre o sistema de ETRG é utilizado para redução de volume de lodo/efluente de estação de tratamento de água. O leito drenante onde está descrito abaixo gerado um tratamento eficiente possibilita a utilização desse efluente para reúso para fins agrícola, pois apresenta valores baixos nas análises físico-químico e bacteriológico.

A tecnologia ETRG desenvolvida para a referida ETA é viável ao reúso da água de lavagem de filtro e descarga de fundo contanto que sejam cumpridas algumas considerações: o monitoramento constante das dosagens de produtos químicos;

análise de água físico-químicos e microbiológicos; quanto à análise de viabilidade técnica e ambiental das alternativas de tratamento e reúso do lodo, os mais indicados os métodos de condicionamento; adensamento por gravidade e desidratação mecânica são os mais viáveis para o tratamento do lodo.

O retorno da água de lavagem dos filtros oferece diversas vantagens, tais como: redução do volume captado no manancial, redução do volume de efluente no manancial e redução no volume de resíduos sólidos (lodo), o que torna esse procedimento vantajoso em termos de sustentabilidade ambiental e econômica.

REFERÊNCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura. Campina Grande:** UFPB, Série. (Estudos FAO. Irrigação e drenagem, 29 revisado 1). 1991. 218 p

APHA. **Standard Methods for the examination of water and wastewater.** American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation, ed. Washington. 1995.

BRASIL a. Ministério do Meio Ambiente. In: **Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 54, de 28 de Novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências.** Brasília. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos?tag=>. Acesso 01 Jan. 2020. CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Relatório Técnico da Estação de Tratamento de Rejeito Gerado.** 2018.

CEARÁ, (2016). Lei Estadual nº 16.033 de 20 de junho de 2016. Dispõe sobre a Política de Reuso de água não Potável no Âmbito do Estado do Ceará. Disponível em:< <http://www.mpce.mp.br/wp-content/uploads/2015/12/Lei-Estadual-n%C2%BA16.033-2016-Disp%C3%B5e-sobre-a-Pol%C3%ADtica-de-Re%C3%BAso-de-%C3%81gua-N%C3%A3o-ot%C3%A1vel-no-Estado-do-Cear%C3%A1.pdf>>. Acesso em: 11 de mar. 2022.

COEMA, 2019. Disponível em:< <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>>Resolução COEMA Nº 2 de 02/02/2017. Acesso em: 04 de Jan. 2022.

HESPANHOL, Ivanildo. et al. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7, n.4, p.75-95, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas da População residente nas cidades e estados, Vázea alegre. Disponível em:

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/varzea-alegre.html>. Acesso em: 02 de Fev. de 2020.

MANCUSO, P. C. S.; Santos, H. F. – **Reúso de água** – editores. Barueri, Sp: Manole, 2003.

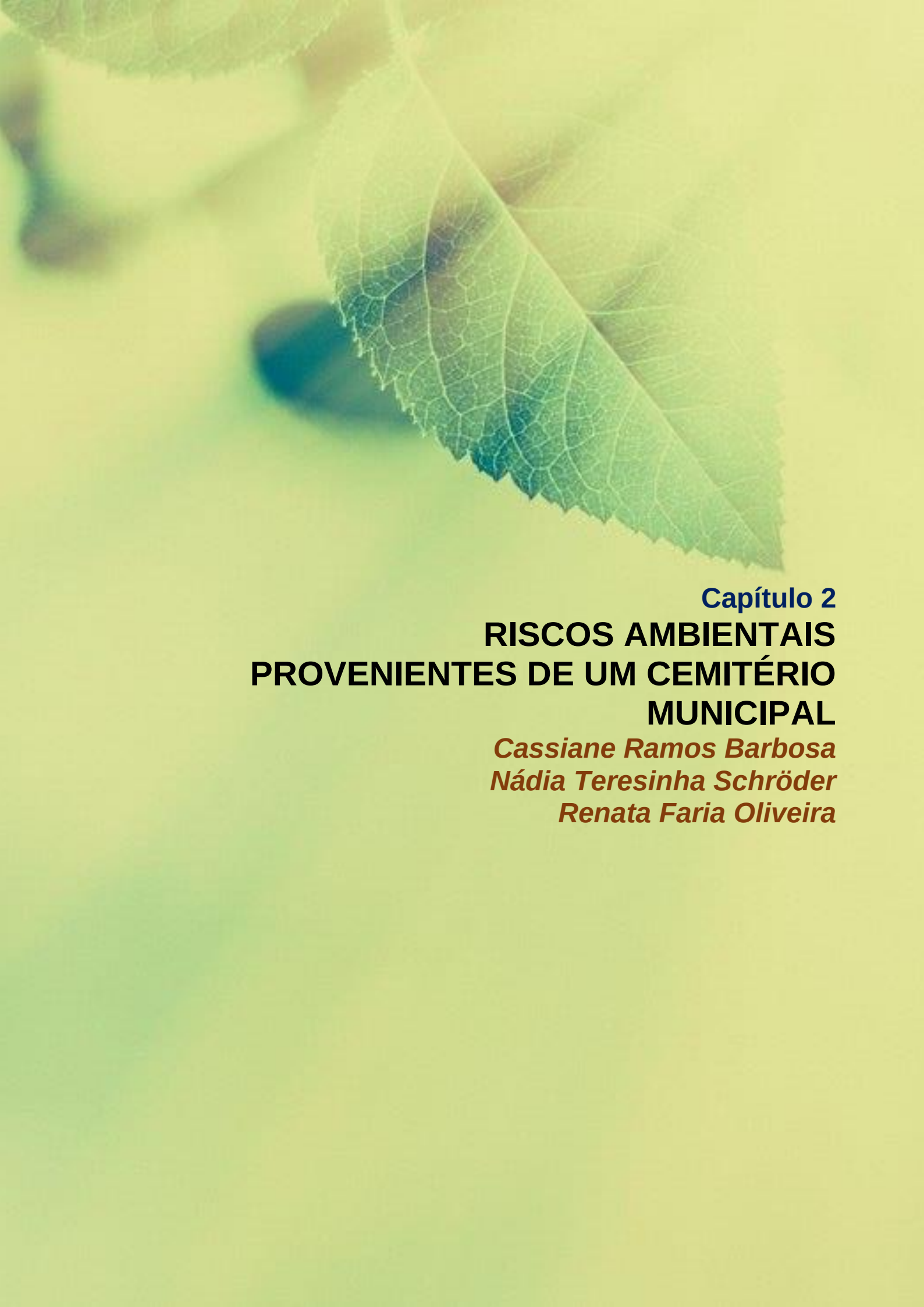
MOREIRA, Cicera Cilene Bezerra. **Tratamento e Avaliação de Reúso das águas de Lavagens de Filtros na Estação de Tratamento de Água – ETA no Município de Várzea Alegre – CE**. Reúso e Reaproveitamento de água. Projetos de intervenção. Volume 8. Triunfal Gráfica e Editora Assis – 2019.

MOREIRA, Cicera Cilene Bezerra. **Potencial de reuso agrícola de efluentes líquidos gerados na estação de tratamento de água do Município de Várzea Alegre - CE**. Dissertação de mestrado. UFCG- Sumé- PB.2020.

MORUZZI, R. B. **Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios**. OLAM – Ciência e Tecnologia. Rio Claro – SP. Ano VIII, Vol. 8, N. 3, 2008.

SOUZA, Marcel Chacon de. **Avaliação da prática do reúso com esgoto tratado em lagoas de estabilização no semiárido do Rio Grande do Norte – Natal -2018**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Natal, RN, 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.



Capítulo 2

**RISCOS AMBIENTAIS
PROVENIENTES DE UM CEMITÉRIO
MUNICIPAL**

*Cassiane Ramos Barbosa
Nádia Teresinha Schröder
Renata Faria Oliveira*

RISCOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DE UM CEMITÉRIO MUNICIPAL

Cassiane Ramos Barbosa

*Engenheira Ambiental, Sanitarista e de Segurança do Trabalho,
cassianerbarbosa@gmail.com.*

Nádia Teresinha Schröder

*Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e do Mestrado em Promoção
da Saúde da ULBRA, Bióloga, nadia.schroder@ulbra.br*

Renata Faria Oliveira

*Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da ULBRA, Engenheira
Química, renata@rebambiental.com.br*

Resumo: O ato de enterrar corpos é antigo e o cadáver é colocado em uma sepultura ou cova ou jazigos. Seu ritual depende dos costumes dos povos. O enterro ou sepultamento geram condições de contaminação do solo e água pela decomposição dos cadáveres via liberação do necrochorume. A população circunvizinha ao cemitério pode ter sua saúde afetada pelos danos que esta condição de degradação ocasiona ao meio ambiente. Além da contaminação do solo e águas subterrâneas, há proliferação de vários tipos de animais que se nutrem dos diversos tipos de resíduos resultantes das atividades cemiteriais. No Brasil, há leis que regulamentam a construção de novos cemitérios e a adequação dos existentes, porém nem sempre pequenos municípios tem condições de infraestrutura, espaço e verba para fazê-lo. Diante deste contexto o estudo analisou a qualidade da água e solo de um cemitério municipal da região litorânea do Rio Grande do Sul (RS) e propôs medidas que visem amenizar e/ou solucionar a contaminação da área. Para verificar a situação do local foi elaborada a matriz de riscos e realizada análise físico-química e biológica das amostras de água e solo. A partir de cada atividade que ocorre no cemitério foi possível obter a matriz de riscos dos impactos ambientais. As análises das amostras de água e solo apontam a presença de coliformes totais, mas com ausência da bactéria *Escherichia coli*, pertencente ao grupo coliforme termotolerantes. Esse resultado demonstra que não há contaminação fecal nos pontos amostrados. As alternativas para prevenir a contaminação ambiental das atividades cemiteriais são as pastilhas formadas por esporos de bactérias, cremação e os filtros biológicos.

Palavras-chave: Cemitério. Necrochorume. Contaminação. Riscos Ambientais.

Abstract: The act of burying bodies is ancient, and the corpse is placed in a grave or grave or tombs. Its ritual depends on the customs of the peoples. Burial or entombment generate conditions of soil and water contamination due to the decomposition of corpses via the release of necrochorume. The population surrounding the cemetery may have their health affected by the damage that this condition of degradation causes to the environment. In addition to soil and groundwater contamination, there is a proliferation of various types of animals that feed on the various types of waste resulting from cemetery activities. In Brazil, there are laws that regulate the construction of new cemeteries and the adaptation of existing ones, but small municipalities do not always have the infrastructure, space, and budget to do so. In this context, the study analyzed the water and soil quality of a municipal cemetery in the coastal region of Rio Grande do Sul (RS) and proposed measures aimed at mitigating and/or solving contamination in the area. To verify the situation of the site, a risk matrix was elaborated, and physical-chemical and biological analysis of water and soil samples was carried out. From each activity that takes place in the cemetery, it was possible to obtain the risk matrix of environmental impacts. Analyzes of water and soil samples indicate the presence of total coliforms, but with the absence of the bacteria *Escherichia coli*, belonging to the thermotolerant coliform group. This result demonstrates that there is no fecal contamination at the sampled points. Alternatives to prevent environmental contamination of cemetery activities are pellets formed by bacterial spores, cremation, and biological filters.

Keywords: Cemetery. Necrochorume. Contamination. Environmental Risks.

INTRODUÇÃO

Um fato natural, porém, não esperado pelos seres humanos é a morte (ANJOS, 2013). No Brasil, após o falecimento, o cadáver passa por um ritual que inicia com o velório e termina com o enterro/sepultamento em uma área específica para isso, o cemitério.

Os cemitérios se assemelham aos aterros sanitários controlados. Em ambos podem ser encontrados a liberação de gás metano, a existência de bactérias e outros microrganismos (ALCÂNTARA et al., 2010). Os cemitérios encontram-se em constante transformação biológica devido ao processo continuado de decomposição dos corpos enterrados (PAULA, 2018). O cadáver deve ser destinado corretamente para que não haja interferências no ambiente decorrente do processo bioquímico que ocorre horas após o desfecho (ANJOS, 2013). As condições geológicas e climáticas da região onde está inserido o cemitério pode favorecer a supervivência de microrganismos oriundos da putrefação dos cadáveres (BACIGALUPO, 2012). Esses microrganismos patogênicos colocam em risco o ambiente e a saúde pública, pois a sua contaminação poderá contribuir para extensão do problema nas áreas circunvizinhas, agravando-o pelo surgimento de patologias relacionadas à circulação

hídrica (ANJOS, 2013; PAULA, 2018). Na área onde os cemitérios estão estabelecidos também ocorre poluição visual e desvalorização da área do entorno (ALCÂNTARA et al., 2010).

Outro ponto que colabora para contaminação do meio ambiente decorrente das atividades cemiteriais é a falta de controle e gestão de resíduos, como restos de caixões, tecidos oriundos do revestimento dos caixões e vestimentas retiradas dos cadáveres. Os rejeitos oriundos da limpeza dos túmulos normalmente são depositados próximos às áreas de sepultamento, em locais sem cobertura ficando expostos a intempéries, o contato destes com a água da chuva, por exemplo, pode acarretar desprendimento de substâncias que em contato com o solo e água podem contribuir para a degradação das fontes hídricas (KEMERICH et al., 2013).

A putrefação de um cadáver se dá em quatro fases: período de coloração, período gasoso, período coliquativo e período de esqueletização. O período de coloração pode ter duração de até sete dias após o óbito do cadáver. O período gasoso tem duração média de três semanas. Os gases liberados neste período são gás sulfídrico, dióxido de carbono, amônia, fosfina, mercaptana e metano. No período coliquativo, com duração de até oito meses, o cadáver perde sua característica humana e dá início a formação de necrochorume. O período de maior duração é o de esqueletização podendo levar anos para concluir-se. Para todos os períodos mencionados, as condições ambientais como temperatura, umidade, vento e solo devem ser favoráveis para que cada uma aconteça (CAMPOS, 2007).

O necrochorume é um líquido aquoso, malcheiroso de cor acinzentada, que contém sais minerais, elementos orgânicos degradáveis e resulta da putrefação do cadáver. A relação da viscosidade e densidade do necrochorume com a água, pode ocasionar formação de plumas dessa mistura, que em solo saturado e velocidade favorável, atinge grandes distâncias desde o ponto de origem (CAMPOS, 2007). O efluente originado da mistura água (solo saturado) e necrochorume é prejudicial para o ambiente e para a saúde da população que faz uso da água de poço para suas atividades domésticas (BACIGALUPO, 2012).

A condição e tipo de solo são responsáveis diretos para que ocorra a transformação do necrochorume em uma substância inofensiva ao ambiente. Solos com grande quantidade de areia formado por grãos de granulometria maior e áreas superficiais menores, dificultam a retenção da água contaminada, que percola facilmente alcançando as águas subterrâneas mais rapidamente. O solo argiloso

absorve a água em função de suas características físicas e isso colabora para a absorção das águas e contaminantes. Solos porosos e permeáveis permitem um transporte mais acelerado do necrochorume e o contato do contaminante com as águas subterrâneas também é mais rápida (CARNEIRO, 2009).

A contaminação das águas diz respeito ao dano exclusivo à sua qualidade para consumo humano e as implicações nas questões de saúde pública (BRASIL, 2006). Esse cenário pode ocorrer quando o lençol freático não é muito profundo e há um aumento de volume pela infiltração das águas da chuva resultando em inundação das sepulturas. Isso pode ser evitado se os túmulos tiverem construção, vedação e isolamento adequados, sem infiltrações e com isso o necrochorume converte-se a pó evitando-se a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Entretanto não pode haver rachaduras na estrutura dos túmulos, pois assim ele se torna potencial poluidor, tornando o local inseguro para saúde humana e ambiente (LOPES, 2009).

Os tipos mais comuns de cemitérios são os horizontais ou tradicionais, os jardins parques e verticais (SILVA, 1998). Os cemitérios do tipo comum ou horizontais ou tradicionais são aqueles formados por fileiras pavimentadas, quase sem arborização, com presença de túmulos semienterrados, mausoléus e capelas. Apresentam alto custo de construção e manutenção, pois os materiais geralmente utilizados são mármore e granitos (SILVA, 1998; PINHEIRO, 2018). Eles apresentam problemas ambientais, pois podem ocasionar contaminação do solo e das águas subterrâneas e a proliferação de insetos, animais transmissores de doenças, além de interferir esteticamente nas áreas urbanas onde está localizado (SILVA, 1998; PINHEIRO, 2018). Além disso, eles não apresentam impermeabilização de boa qualidade, comprometem as condições naturais do solo e das águas subterrâneas, podendo ser classificados como atividade de risco de contaminação ambiental. O solo serve de filtro para impurezas, mas ocorrendo o encharcamento das sepulturas/túmulos com a água da chuva, há o deslocamento dos compostos químicos orgânicos e inorgânicos e a propagação de microrganismos do necrochorume para o solo. Essa mistura, devido as peculiaridades geológicas da área, pode chegar ao aquífero causando contaminação (PAULA, 2018). Com os problemas ambientais que causam e por estarem instalados em meio urbano, podem interferir a saúde da população de entorno (PINHEIRO, 2018).

Nos cemitérios do tipo parque ou jardim, as gavetas onde se depositam os caixões são construções em alvenaria abaixo do nível do solo, são cobertos por

vegetação rasteira, geralmente gramados e a identificação das sepulturas é feita por uma lápide de pequena dimensão disposta sobre o solo. A estética é melhor do que o tradicional, porém apresentam os mesmos problemas ambientais (proliferação de insetos, transmissão de doenças e contaminação de solo e águas) por não terem vedação e tratamento adequado para o necrochorume (CAMPOS, 2007). Em ambos os modelos de cemitérios, não há tratamento de efluente o que pode resultar em contaminação do solo e água (PINHEIRO, 2018).

Os cemitérios verticais são os que apresentam características prediais, com mais de um pavimento e compartimentos, onde as condições climáticas não interferem nas visitas e os sepultamentos são mais acessíveis economicamente. Estas construções devem dispor de sistemas de vedação e inertização de gases gerados pela decomposição dos corpos e liberação do necrochorume, com objetivo de não atingir as áreas destinadas a circulação de visitantes e colaboradores do local. Os benefícios deste tipo de cemitério são a não interferência do tipo de solo local e área na construção e nem o necrochorume na qualidade de solo e águas subterrâneas, pois a sua captação é feita por tubulações (THOMPSON, 2015).

O licenciamento ambiental de cemitérios em âmbito nacional está previsto pela resolução CONAMA nº 335/2003 para quaisquer empreendimentos que já existem ou a ser construído, de modo a padronizar o processo. Os órgãos ambientais passam a ter responsabilidade para determinar padrões de exigência, detalhamento, especificidades, prováveis riscos ambientais e demais características da atividade cemiterial (CONAMA, 2003). Em 2006 houve uma alteração nesta legislação, a partir da resolução CONAMA nº 368/2006, em consequência das áreas de preservação de mananciais localizadas em regiões metropolitanas. A alteração se deu em função da inviabilidade de construção de novos cemitérios e até mesmo da ampliação dos já existentes em algumas localidades, devido as normas ambientais requeridas para execução das obras. Alguns municípios favoreceram-se desta atualização, uma vez que existem problemas de superlotação e dificuldades para construção de novos cemitérios. Há proibição de construção de cemitérios em áreas de proteção permanente (APP) ou em áreas que exijam desmatamento de qualquer fração da Mata Atlântica, em terrenos que apresentem dissolução química de rochas e que levam ao aparecimento de cavernas, sumidouros e rios subterrâneos.

METODOLOGIA

O trabalho foi realizado no Cemitério Nossa Senhora da Conceição, Município de Osório região litorânea do Rio Grande do Sul, localizado na Latitude – 29.892224 e Longitude - 50.230693. O cemitério está em uma área de 41536,51 m² dividida em 19 quadras. Apresenta um total de 2.602 sepulturas entre túmulos, gavetas, covas simples e mausoléus.

O diagnóstico na área de estudo para elaboração da Matriz de Riscos da Avaliação dos Impactos Ambientais e as coletas das amostras foram realizadas no período da manhã. As amostras foram levadas no mesmo dia, no período da tarde ao laboratório Hidrolab Análises Ambientais. Inicialmente as amostras de água seriam coletadas em duas casas vizinhas ao cemitério, mas um funcionário do cemitério, que acompanhou as coletas, informou que teria um poço inativado dentro do próprio cemitério, então optou-se por coletar a água deste ponto considerando que caso houvesse contribuição, poderia estar concentrada neste ponto, uma vez que o poço está desativado e sem tratamento básico.

Para estabelecer os impactos causados por qualquer atividade foi utilizado o conceito cadeia de risco (GARCIA, 2014). O risco é calculado a partir da frequência estabelecida pela quantidade de vezes que ele ocorre no mês ou ano e a severidade expressa os malefícios que tal evento trouxe ao ecossistema (Equação 1).

$$\text{Risco} = \text{Frequência} \times \text{Severidade da Consequência}$$

Equação (1)

A classificação das atividades utilizada na avaliação do Cemitério Nossa Senhora da Conceição, em Osório, RS está registrada no Quadro I. Os riscos foram determinados considerando os aspectos, impactos, frequência e severidade de cada atividade registrada.

Quadro I- Matriz de risco utilizada para avaliação dos impactos do Cemitério Nossa Senhora da Conceição, em Osório, RS.

Impactos diretos sob meio físico e biótico				
Atividade	Aspecto	Impacto	Frequência	Severidade
Ação	Meio com que pode ocorrer um impacto	Alteração decorrentes das ações	A (Não esperado que ocorra)	BAIXA
			B (Esperado que ocorra uma vez)	MÉDIA
			C (Esperado que ocorra muitas vezes)	ALTA

Fonte: Elaborado pela autora.

A avaliação da qualidade da água e do solo foi realizada mediante a coleta de três amostras de solo em pontos no interior do cemitério (PAS1, PAS2 e PAS3) e duas amostra de água (PAA1 e PAA), uma do interior do cemitério e outra da casa vizinha. A escolha dos pontos de amostragem se deu pelo tempo de sepultamento. No setor de túmulos horizontais, os tempos variam entre 15 e 60 dias e no setor de sepulturas verticais (gavetas) variam entre 5 dias e 6 anos.

Para a coleta das amostras de solo foi utilizado um trado de copo manual de dois metros de altura confeccionado em metal. Todas as amostras de solo foram coletadas de uma profundidade de 160 cm. As análises foram realizadas em laboratório certificado pela ISO/IEC 17025:2017. Cada amostra de solo foi armazenada em frascos plásticos esterilizados pelo laboratório e identificados através de códigos padrão. Os frascos com as amostras foram transportados em caixa térmica de isopor. Para cada ponto foi adotado além do código padrão do laboratório, a hora da coleta da amostra e do tempo de sepultamento. Para as amostras de água foram utilizadas as torneiras da rede de água da casa vizinha e da tubulação de dentro do cemitério. Conforme IT (Instrução de Trabalho) 034, tanto bico da torneira como o tubo do poço do interior do cemitério foram higienizados, a água escoou por cerca de 5 minutos e só depois foram coletadas as amostras. Os parâmetros analisados foram coliformes totais, *Escherichia coli*, matéria orgânica, nitrito, nitrato e pH e o cloro foi amostrado apenas na residência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do diagnóstico da área de estudo foi possível identificar que o cemitério analisado se apresenta organizado e limpo, com três funcionários para as tarefas de limpeza, manutenção e construção de túmulos. A estrutura do cemitério vem passando por obras de ampliação pela necessidade de mais sepulturas, inclusive as verticais (gavetas), que apresentam sistema de drenagem, porém inoperante. Os túmulos não têm manutenção, a não ser pela sua violação ou reutilização do espaço. Os túmulos são construídos e ficam disponíveis e conforme ocorrem os óbitos, as sepulturas vão sendo utilizadas.

No local podem ser encontrados resíduos sólidos decorrente dos enterros e das limpezas de túmulos após a retirada dos restos mortais. Estes resíduos são restos de caixões, sapatos, roupas, flores de plástico, vasos de plantas, calças, tijolos, cerâmica entre outros (Figura 1a e 1b). As flores naturais são muito usadas, mas após alguns dias elas entram em decomposição, então são retiradas e acumuladas em determinados locais dentro do cemitério para posterior descarte. Este resíduo contribui para o aumento de moscas, mosquitos, baratas e demais insetos que se alimentam de matéria orgânica em decomposição.

Figura 1 - Resíduos sólidos 1a – flores; 1b – varrição e limpeza dos túmulos



Fonte: Acervo da autora.

Em razão da falta de reparos nos túmulos e da inoperância da rede de coleta de efluentes no setor de gavetas foi observada infiltração em uma das alas (Figura 2). Isso pode contribuir para o vazamento de necrochorume para parte externa, colaborando para o aumento de riscos ambientais e de saúde pública.

Figura 2: infiltração na parte superior das gavetas



Fonte: Acervo da autora.

Para a matriz de riscos da avaliação dos impactos ambientais foram analisadas três atividades de ocorrência diária: construção de túmulos, enterro de cadáveres e a limpeza dos túmulos (Quadro II).

Quadro II – Matriz de Riscos da Avaliação dos Impactos Ambientais

IMPACTOS DIRETOS SOB MEIO FÍSICO E BIÓTICO				
ATIVIDADE	ASPECTO	IMPACTO	FREQUÊNCIA	SEVERIDADE
Construção de Túmulos	Retirada de Vegetação Rasteira	Menor capacidade de infiltração de água	C	ALTA
Enterro de Cadáveres	Decomposição de Cadáveres (Necrochorume)	Contaminação de Solo	C	ALTA
		Contaminação de Água		BAIXA
		Geração de Gás		ALTA
	Decomposição da Urna Funerária	Contaminação de Solo	C	ALTA
		Contaminação de Água		MÉDIA
Limpeza de Túmulos	Acúmulo de Resíduos Sólidos	Proliferação de Vetores e Pragas	C	MÉDIA

Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados registrados neste estudo corroboram com os encontrados no cemitério público de Queimadas, Paraíba, onde por meio da matriz de Leopold foram considerados os impactos ambientais, antrópicos, estéticos, culturais, econômicos e sociais. Neste cemitério, as suas atividades foram classificadas como adversas sendo

necessárias melhorias de drenagem e tratamento do necrochorume e instalação de sistema de drenagem da água da chuva para evitar alagamentos (SANTOS et al, 2015).

Os cemitérios, que eram identificados apenas como os locais onde sepultavam cadáveres, sem gerar riscos ao meio ambiente e população do entorno, estão sendo vistos como potenciais poluidores ambientais. Neste contexto, se torna importante e necessária a realização do gerenciamento dos resíduos destes locais, assim como a revisão da legislação brasileira quanto a instalação de cemitérios (GAGLIANO et al., 2019).

Os resultados da avaliação das análises do solo encontram-se indicadas no Quadro III. As três amostras de solo analisadas apontam a presença de coliformes totais. Essa condição pode estar vinculada ao tipo de solo da área de estudo pela decomposição cadavérica. Para o ponto PAS-1, o número elevado de bactérias pode ser em função do tempo de óbito, em torno de 2 meses, período em que o cadáver se encontra no processo coliquativo, formando o necrochorume. Na área onde foi coletada a amostra PAS-3, o aumento do número de bactérias, pode ter sido influência pela presença de árvores e outros tipos de vegetação, além do extravasamento do necrochorume. O solo é o ambiente natural de diversos microrganismos, incluindo o grupo coliforme e para cada tipo de solo pode haver um grupo específico de microrganismos naturais do meio (SCHERER et al., 2016).

Quadro III – Resultados das Amostras de Solo

Parâmetros	Pontos de Amostragem			Unidade
	PAS-1	PAS-2	PAS-3	
Coliformes Totais	1814 - Positivo	64 - Positivo	1600 – Positivo	NMP/100g
<i>Escherichia coli</i>	<1 – Negativo	<1 – Negativo	<1 – Negativo	NMP/100g
Matéria Orgânica	0,93	0,91	1,08	%
Nitrato	269,51	74,21	10,00	mg/kg
Nitrito	20,95	30,52	<0,02	mg/kg
pH	6,70	6,80	6,70	-

Fonte: Laboratório HIDROLAB Análises Ambientais. Canoas/RS.

Foi descartada a presença da bactéria *Escherichia coli*, pertencente ao grupo coliforme termotolerantes, em todas as amostras de solo. Os resultados das análises permitem identificar que não há contaminação fecal nos pontos amostrados. Isso pode

ocorrer porque esse tipo de bactéria não sobrevive em ambientes que não se assemelham ao organismo de seu hospedeiro (CASTRO et al., 2017).

A presença de matéria orgânica se deu em todas as amostras de solo, isso ocorre devido a decomposição dos cadáveres, que libera necrochorume para o meio, acarretando o aumento da atividade microbiana. As amostras PAS-1 e PAS-2 são áreas mais centralizadas do cemitério, não ocorrendo a presença de árvores ou outra vegetação, a não ser gramíneas. No local da amostra PAS-3 existe grande número de árvores o que pode colaborar para o aumento do volume de material decomposto sobre o solo. A porção orgânica do solo forma um conjunto composto por restos de plantas e animais em variados estágios de decomposição, assim como excretas de organismos vivos e microrganismos os quais é impossível identificar e separar da matéria orgânica morta (CUNHA; MENDES; GIONGO, 2015). Durante a decomposição dos cadáveres substâncias orgânicas são liberadas no solo fazendo com que ocorra o aumento da atividade microbiana, assim como o aparecimento de compostos de nitrogênio, fósforo nos sais e modificação de pH (DUTRA; SOUZA; BEM, 2015).

O nitrato está presente em todas as amostras de solo com variações de valores para cada local interferindo na qualidade do solo da área estudada. No PAS-3 onde há intensa vegetação e árvores, o valor amostrado é o mais baixo. Isso pode ocorrer devido a assimilação do nitrato pelas raízes das plantas. Nos pontos PAS-1 e PAS-2 não há árvores, apenas vegetação rasteira e um elevado número de túmulos. A constante decomposição de cadáveres em seus vários estágios contribui para valores mais elevados. A maioria das concentrações máximas de nitrato foram encontradas nas camadas superficiais de solo (CARDOSO NETO; GUERRA; CHAVES, 2006; KEMERICH et al., 2014). Neste contexto, o nitrato presente na camada arável do solo pode ser facilmente lixiviado e atingir águas subterrâneas provocando contaminação ambiental.

As amostras de solo PAS-1 e PAS-2 apresentam valores altos para nitrito se comparado aos valores referência utilizados para amostras de água, entretanto, na amostra PAS-3 o valor é quase zero. A presença de nitrito no solo junto com derivados da amônia forma nitrosaminas, que são capazes de causar câncer e mutação genética, além de doenças associadas a hemoglobina em crianças (REYES; TOYOHARA; TOLEDO, 1987). Concentrações variáveis de nitrito foram registradas por Kemerich et al. (2014) em profundidades de 0 a 3m, porém com registro da mais

alta entre 2,0 e 3,0 m. Diferentemente deste contexto, os registros de Cardoso Neto, Guerra e Chaves (2006) registraram concentrações mais altas de nitrito em profundidade menores, entre 30 a 45 cm. O nitrito se lixiviado para águas subterrâneas pode causar danos à saúde pública, uma vez que a combinação dele com aminas secundárias pode ser nociva aos seres vivos.

As três amostras apresentaram valores aproximados em relação ao pH e próximo da neutralidade. Diversos aspectos podem influenciar o pH do solo, a sua formação com ou sem rochas, as características da região onde o solo está localizado, a concentração de sais, metais, substâncias orgânicas etc., podendo variar entre 3 e 9 (FOGAÇA, 2020). O pH é importante na função de regulador da fertilidade do solo, bem como pode influenciar na adsorção, precipitação, solubilidade, infiltração, atividade microbiana etc. (SILVA, 2011). A variação do pH é de acordo com a profundidade. Os valores mais altos deste parâmetro foram registrados em amostras mais superficiais, conforme pesquisa realizada no solo de um aterro sanitário em Seberi/RS Kemerich et al. (2014), onde os valores de pH variaram entre 4,8 e 7,9 e esta variação pode interferir na decomposição de matéria orgânica. Além disso, as mudanças de temperatura e funções biológicas influenciam diretamente no pH (CARDOSO NETO; GUERRA; CHAVES, 2006). As alterações na qualidade do solo podem também ocorrer em função do material utilizado para construção dos caixões: como ferro, chumbo, zinco e cobre e em locais com pH baixo isso se agrava (OLIVEIRA et al., 2008). As condições de pH entre 5 e 9 são favoráveis para o *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. O valor de pH influencia na concentração do íon amônio, afetando a nitrificação (GABIATI, 2010). Neste contexto, o pH torna-se parte relevante na decomposição de matéria pelas bactérias nitrificantes

Os resultados das amostras de água dos pontos selecionados do Cemitério em estudo estão descritos no Quadro IV. A análise de água no PAA1 apontou a presença de bactérias do grupo coliformes totais indicando que, as condições sanitárias da amostra não se enquadram nos padrões exigidos para potabilidade. Em áreas de cemitérios, bactérias que degradam matéria orgânica aparecem em maior volume, porém não confirmam a existência de patógenos (ESPINDULA, 2004). A presença de coliformes totais nas análises realizadas nas águas subterrâneas do cemitério Campo da Esperança em Brasília, DF foi registrada por Santos et al. (2015). Em ambos os pontos PAA1 e PAA2 foi descartada a presença da bactéria *E. coli*, o que exclui a contaminação fecal das águas, mas não exclui a possibilidade de haver outras

bactérias patogênicas. A análise das águas subterrâneas do cemitério Parque das Palmeiras, Marituba, PA e do cemitério Campo da Esperança em Brasília, DF registrou a ausência de *E. coli* nos pontos amostrados (SANTOS et al., 2015; CASTRO et al., 2017).

A amostra PAA1 indicou presença de matéria orgânica, que pode ter ocorrido em função da presença de sais minerais que compõem o necrochorume. dizem que A matéria orgânica é utilizada como fonte alimentar e/ou nutrientes para microrganismos, porém, em grandes quantidades pode gerar problemas para o ambiente (PIVELI; KATO, 2006). A presença da matéria orgânica ocorre mais frequentemente em função do despejo de esgoto sanitário em meios hídricos. No PAA2 não foram detectados valores para matéria orgânica.

Quadro IV – Resultados das Amostras de Água x Legislação

PARÂMETROS	PAA1	PAA2	UNIDADE	Portaria de Consolidação nº 5
Coliformes Totais	Presente	Ausente	-	Ausência em 100 ml
Escherichia Coli	Ausente	Ausente	-	Ausência em 100 ml
Matéria Orgânica	4,65	0,0	mg/L	-
Cloro Residual Livre	-	0,17*	mg/l	-
Nitrato	3,143	7,456	mgN/L	10 mg/L
Nitrito	<0,02	<0,02	mgN/L	1mg/L
pH	6,74	6,92	-	6,0 – 9,5

Fonte: Laudo do Laboratório HIDROLAB Análises Ambientais.

* O cloro residual livre foi amostrado apenas na residência

O Nitrato foi registrado nas amostras de águas de ambos os pontos e seus valores se enquadram ao permitido pela legislação para potabilidade de água. Entretanto, cabe destacar que, no PSS2 o valor está próximo do limite máximo permitido e neste ponto, a água é utilizada para consumo humano. A coleta da amostra foi realizada na torneira que traz água do poço para a residência. Valores variados para nitrato também foram registrados nas águas subterrâneas do cemitério Parque das Palmeiras, Marituba, PA e em um dos pontos, o valor excedeu ao permitido pela Portaria de Consolidação nº 05 de 28/09/2017, o que pode ocasionar danos à saúde humana se ocorrer uso da água sem tratamento (CASTRO et al.,

2017). Concentrações de nitrato acima do permitido foram registradas em análises de águas subterrâneas no cemitério Santa Inês, Espírito Santo (NEIRA et al., 2008). O nitrato pode ter relação com a deficiência de transporte do oxigênio do sangue. Os teores de nitrito nos pontos PAA1 e PAA2 são baixos e estão dentro do limite permitido para potabilidade de água.

É evidente que os impactos gerados pelo necrochorume, por isso se faz necessário analisar possibilidades e alternativas que possam minimizá-los e futuramente eliminá-los. O necrochorume é um resíduo tóxico que pode afetar negativamente o meio ambiente e os métodos de tratamento devem ser implantados para torná-lo menos nocivo (FELICIONI; ANDRADE; BORTOLOZZO 2007). Diversos produtos que agem no tratamento do necrochorume como filtros biológicos, pastilhas e mantas absorventes estão disponíveis para uso (CASAGRANDE, 2018), além da cremação, que é uma das formas ambientalmente correta de enterrar os mortos.

Um cemitério já construído e em funcionamento, ao optar por instalar filtros biológicos, deverá passar por obras civis de reparo. Abaixo dos túmulos deverá ser colocada uma manta ou malha, como as dos aterros sanitários, com a função de não deixar os líquidos lixiviarem para o solo e posteriormente para as águas subterrâneas. Ainda deverão ser instalados drenos que irão direcionar a água da chuva e o necrochorume para os filtros biológicos, que em meio poroso ocorrerá a degradação. O meio poroso é composto de pedras, cascalho ou materiais grosseiros (CASAGRANDE, 2018). A Resolução CONAMA nº 335/2003 obriga a instalação de drenos nos novos cemitérios, principalmente nos cemitérios parques. O Cemitério Parque São Pedro localizado em Curitiba, PR é o primeiro cemitério ecologicamente correto. No ano 2000 foi contemplado com a certificação ISSO 14000 de Qualidade Ambiental. Além do sistema de filtragem que comporta o tratamento das 30 mil sepulturas, o sistema de gestão de resíduos é excelente, tendo ainda poços de monitoramento do efluente e sistema de avaliações ambientais regulares (PINHEIRO, 2018).

As pastilhas são formadas por bactérias reduzidas em esporos e conectadas de modo a formar uma estrutura de pastilha. Essas bactérias são consumidoras de matéria orgânica e ativadas conforme a liberação do necrochorume. As pastilhas são pequenas, em média 150 gramas cada e absorvem até 175 vezes seu volume. Uma pastilha atende a decomposição de um cadáver de 75 kg. Elas devem ser colocadas dentro do caixão (HINO, 2015).

As mantas absorventes são instaladas dentro dos caixões, a fim de conter o extravasamento do líquido para o solo. É composta de celulose em pó que se transforma em gel após o contato com o necrochorume, impedindo o seu transporte para o solo. Na retirada dos restos mortais, após a abertura do caixão, a manta transforma-se em um saco plástico resistente. É necessário apenas puxar um fio de nylon existente e recolher os restos mortais (FRANCISCO; SILVA; SOUZA, 2017).

A cremação é um método ambientalmente correto mais conhecido e oferecido pelas empresas funerárias. Nele o cadáver é incinerado por cerca de uma hora e após esse tempo são retiradas apenas cinzas que posteriormente são entregues aos familiares. Em processo lento de aceitação por questões religiosas e pelo seu alto custo, é a maneira que menos gera impacto ambiental. Mesmo que no processo de incineração sejam liberadas mais toxinas que os outros métodos, o gás gerado na queima dos corpos passa por filtros específicos, que o torna menos danoso ao ambiente. Neste tipo de solução póstuma não existe a geração de necrochorume, evitando assim a contaminação de solo e águas subterrâneas, proliferação de insetos e doenças e ainda elimina microrganismos que afetariam o meio ambiente (CAMPOS, 2007; THOMPSON, 2015; PINHEIRO, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os cemitérios podem ser caracterizados como potenciais poluidores ambientais, pelos impactos causados pela contaminação do solo e águas subterrâneas da área onde está localizado. A falta de informações e estudos específicos comprometem o meio ambiente e a saúde da população que vive no entorno destes locais, uma vez que desconhecem os riscos ambientais e de saúde gerados pelas atividades cemiteriais.

Fatores culturais, religiosos e econômicos colaboram para que a legislação existente não seja cumprida, bem como maneiras mais modernas para o encerramento do desfecho, como a cremação. A seleção das áreas onde estão instalados os cemitérios é baseada no seu baixo valor para o município.

Em relação aos resíduos gerados pelas atividades cemiteriais, é evidente que o necrochorume é o principal contaminante decorrente dessas atividades, assim como aqueles decorrentes da limpeza dos túmulos. Muitas vezes, eles são armazenados

em locais desabrigados favorecendo o aparecimento de vetores e outros animais que se beneficiam disso.

Mesmo que não tenha legislação específica para determinar valores para os parâmetros analisados nas amostras de solo, observou-se que há interferências no solo da área do cemitério, em função da decomposição dos cadáveres. Nas análises de águas subterrâneas foi possível identificar alterações na qualidade. E dependendo das condições climáticas elas podem ser piores. A geração de necrochorume é constante nesses locais, uma vez que todos os dias são enterrados cadáveres com as mais variadas causas de óbitos, colaborando para a constante transformação e alteração das qualidades de solo e águas subterrâneas.

As soluções para amenizar as condições dos cemitérios já existentes são pouco conhecidas e oferecidas pelas empresas prestadoras de serviços funerários. Muitas delas ajudariam a eliminar a contaminação por necrochorume. Os cemitérios já existentes construídos antes de 2006 deveriam se adequar melhorando suas condições ambientais devido a legislação existente. O que dificulta a adequação dos cemitérios públicos é que não há uma fiscalização criteriosa. Os fiscais normalmente são os próprios funcionários da prefeitura, órgão responsável pela manutenção do cemitério.

Neste contexto, há necessidade de evidenciar cada vez mais a problemática existente e buscar soluções que possam, também, eliminar tabus religiosos, culturais e econômicos. O problema não é somente ambiental, mas de saúde pública.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA, Larissa Azambuja; SANTOS, Sizabeli Amaral dos; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha; SILVA, Rodrigo Ferreira da. Contaminação de recursos naturais por necrópoles. **Revista Disciplinarum Scientia**, Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, v. 11, n. 1, p. 17-28, 2010.

ANJOS, Roberta Maas dos. Cemitérios: uma ameaça à saúde humana? *In*: **CREA – SC**, 18 mar. 2013. Disponível em: <http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=2635>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BACIGALUPO, Rosiane. Cemitérios: fontes potenciais de impactos ambientais. **Revista História, Natureza e Espaço**, v. 1, n. 1, 2012. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/view/4461/3264>. Acesso em: 20 mar. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 03 de outubro de**

2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Revoga as portarias nº 528 de 23/05/2004 e nº 2.914 de 14/12/2011. Disponível em <https://www.saude.gov.br/legislacao-da-saude>. Acesso em: 10 maio 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 335**, de 03 de abril de 2003. Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=359>. Acesso em: 18 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 368**, de 28 de março de 2006. Altera dispositivos da Resolução no 335, de 3 de abril de 2003, que dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=488>. Acesso em: 18 set. 2019.

CAMPOS, Ana Paula Silva. **A Avaliação do Potencial de Poluição no Solo e nas Águas Subterrâneas Decorrente da Atividade Cemiterial**. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 2007.

CARDOSO NETO, Francisco; GUERRA, Hugo Orlando Carvallo; CHAVES, Lúcia Helena Garófalo. Nitrogênio Residual em Solo Adubado com Diferentes Fontes e Intervalos de Aplicação de Nitrogênio. **Revista Caatinga**, Mossoró/RN, v. 19, n. 2, p. 161-168, 2006

CARNEIRO, Victor Santos. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, 1., 2009, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: ABAS, 2009.

CASAGRANDE, Émilin. O que é Necrochorume e quais são os seus impactos ao meio ambiente? **Blog 2 Engenheiros**, 15 maio 2018. Disponível em: <https://2engenheiros.com/2018/05/15/o-que-e-necrochorume-e-quais-sao-os-seus-impactos-ao-meio-ambiente/>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CASTRO, Martrick Senna Cruz de; SOEIRO, Emmanuelle Tostes; SOUSA, Leonardo Fernandes de Lima; GAIA, Luciana Abud Miranda Ayan; FERREIRA, Raphael de Abreu. Análise das Águas Subterrâneas em torno do Cemitério Parque das Palmeiras no município de Marituba no ano de 2017. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 8., 2017, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande: IBEAS, 2017.

CUNHA, Tony Jarbas da; MENDES, Alexandre Montiro Salviano; GIONGO, Vanderlise. Capítulo 9 – Matéria Orgânica do Solo. In: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (Org.). **Recurso solo: propriedades e usos**. São Carlos: Cubo, 2015.

DUTRA, Letícia de Abreu; SOUZA, Mayne; BEM, Betina Pereira. **Análise de pH, matéria orgânica e textura do solo, no Cemitério Nossa Senhora da Penha – LAGES/SC**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) da Graduação em Análises Químicas do Instituto Federal de Santa Catarina. Lages: IFSC, 2015.

ESPINDULA, Jeane Correia de. **Caracterização bacteriológica e físico-química das águas do aquífero freático do cemitério da Várzea**. Dissertação (Mestrado) do Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco. Recife: UFPE, 2004.

FELICIONI, Fernanda; ANDRADE, Flávio; BORTOLOZZO, Nilza. **A ameaça dos mortos**: cemitérios põem em risco a qualidade das águas subterrâneas. 1ª ed. Editora Maxprint, 2007.

FOGAÇA, Jenifer. PH do solo. **Manual da Química**, 2020. Disponível em <https://www.manualdaquimica.com/curiosidades-quimica/ph-solo.htm>. Acesso em: 08 jun. 2020.

FRANCISCO, Agatha Melo; SILVA, Amanda Karolyne Godoi da; SOUZA, Caroline Soares de; SANTOS, Fernanda Cristina Storte. Tratamento do necrochorume em cemitérios. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 5, p. 172-188, jan./dez., 2017.

GAGLIANO, Janayne; PEREIRA, Emilyn C.; TELES, Stheice S.; FERREIRA, Maurício Lamano; FERREIRA, Ana Paula do Nascimento Lamano. Resíduos de Cemitérios: um problema emergente. In: Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica, 15., 2019, Paraíba. **Anais [...]** Paraíba: UNIVAP, 2019.

GARCIA, Katia Cristina. **Avaliação de Impactos Ambientais**. Curitiba: InterSaberes, 2014.

HINO, Tochime Miguel. O necrochorume e a gestão ambiental dos cemitérios. **Revista Especialize Online Ipog**. v. 1, n.10, p:1-23, 2015.

LOPES, J. L. Cemitério e seus impactos ambientais: estudo de caso: Cemitério Municipal do Distrito de Catuçaba/SP. In: CARNEIRO, V. S. Impactos causados por necrochorume de cemitérios: meio ambiente e saúde pública. **Revista Águas Subterrâneas**. Suplemento. I Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo, Brasil - ISSN 2179-9784. 2009.

KEMERICH, P.D.C.; BORBA, W. F. Cemitérios e os problemas ambientais: a dura realidade brasileira. **Revista Conselho em Revista - CREA RS**, v. 10, p. 36-37, 2013

KEMERICH, P. D. da C.; BORBA, W. F. de; SCHMACHTENBERG, N.; GRAEPIN, C.; FLORES, C. E. B.; BARROS, G.; GERHARDT, A. E. Alterações químicas em solo ocupado por cemitério horizontal no norte do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, nº 33 p: 85-99, 2014.

NEIRA, Dérika F; TERRA, Vilma R; SANTOS, Rodrigo Pratte; BARBIERI, Roberto S; Impactos do necrochorume nas águas subterrâneas do Cemitério de Santa Inês, Espírito Santo, Brasil. **Revista Natureza Online**, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.

OLIVEIRA, Itamar Pereira de; KLUTHCOUSKI, João; SANTOS, Renato Sérgio Mota dos; FANCELLI, Antônio Luíz; DOURADO NETO, Durval; FARIA, Cideon Donizete de. Concentrações residuais de cobre, ferro, manganês e zinco em latossolo roxo

eutrófico sob diferentes tipos de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia/GO, v. 31, n. 2, p. 97-103, 2008.

PAULA, Mariane Ribeiro de. **Proposta de Regularização Ambiental do Cemitério Municipal Nossa Senhora Aparecida em Juiz de Fora – MG**. Monografia (Graduação) do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora: UFJF, 2018.

PINHEIRO, Thais Moraes. Contaminação Ambiental causada pelo Necrochorume proveniente de Cemitérios. **INOVAE - Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation**, São Paulo, v. 6, p. 145-171, jan./dez. 2018.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo; ABES; 2006.

REYES, F. G. R.; TOYOHARA, D. Q. K.; TOLEDO, M. C. F. **Nitritos e Nitratos Em Alimentos: Ocorrência, Absorção e Efeitos Tóxicos**. METEPEC-MEXICO: CENTRO PANAMERICANO DE ECOLOGIA HUMANA E SAUDE, 1987.

SANTOS, Pedro José; GAMA, Claudeam Martins; CAVALCANTE, Livia Poliana; LIMA, Vera Lúcia. Avaliação de Impactos Ambientais: Estudo de caso no Cemitério Público do município de Queimadas-PB. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**, Santa Maria, v. 14, n. 3, p. 10-17, set-dez. 2015.

SCHERER, Karine; GRANADA, Camille Eichelberger; STÜLP, Simone; SPEROTTO, Raul Antonio. Avaliação bacteriológica e físico-química de águas de irrigação, solo e alface. **Revista Ambiente Água**, Taubaté/SP, v. 11, n. 3, p. 665-675, 2016.

SILVA, Sandra Andréa Santos da. **Atributos Químicos e Microbiológicos em Latossolo Amarelo sob Sistemas Agroflorestais e Floresta Secundária em Bragança, Pará**. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) da Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém: UFRA, 2011.

SILVA, Leziro Marques. Cemitérios: fonte potencial de contaminação dos aquíferos livres. In: Congresso Latino-Americano de Hidrologia Subterrânea, 4., 1998, Montevideo. **Anais [...]** Montevideo: ALHSUD, 1998.

THOMPSON, Bárbara. Cemitérios verticais, espaço urbano e meio ambiente: O novo discurso científico universitário de incentivo a verticalização do cemitério e cremação. **Revista Primeiros Estudos**, n. 7, p. 07-26, 2015.

Capítulo 3

**ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO
PARA MELHORIA NA QUALIDADE
DE ÁGUA EM ACOPIARA – CE**

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

Cícera Cilene Bezerra Moreira

Lindamar Bezerra da Silva

Abraão Evangelista Sampaio

Juliana Filgueira de Oliveira

Renato de Sousa Silva

Marília Cristina Campêlo Caminha

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Jane Paulino Pereira

Daniel Salgado Pifano

ADEQUAÇÃO DE TRATAMENTO PARA MELHORIA NA QUALIDADE DE ÁGUA EM ACOPIARA – CE

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos; alynegessick@gmail.com

Cícera Cilene Bezerra Moreira

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;

cilenemoreira1984@gmail.com

Lindamar Bezerra da Silva

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;

lindabezerrabrasiliano@gmail.com

Abraão Evangelista Sampaio

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Mestrado em Gestão dos Recursos Hídricos; abraaoes@hotmail.com

Juliana Filgueira de Oliveira

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Bacharelado em Engenharia Ambiental; filgueiras.juliana@gmail.com

Renato de Sousa Silva

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Bacharelado em Administração; renatosppe0206@gmail.com

Marília Cristina Campêlo Caminha

Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.

Tecnóloga em Gestão Ambiental; marilia.caminha@cagece.com.br

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Educação; alaideregiasena.nery@gmail.com

Jane Paulino Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Teologia; janepaulino2@gmail.com

Daniel Salgado Pifano

Universidade Federal do Vale do São Francisco–UNIVASF.

Doutorado em Engenharia Florestal; daniel.pifano@univasf.edu.br

RESUMO

O Nordeste vivenciou a maior seca já registrada no estado do Ceará entre os anos de 2012 e 2017, sendo a região da Bacia do Alto Jaguaribe uma das áreas mais afetadas, especificamente a cidade de Acopiara. Além dos aspectos quantitativos, a qualidade dos mananciais também preocupa o abastecimento público de água. Para possibilitar que os sistemas existentes de tratamento de água sejam capazes de adquirirem eficiência no tratamento das águas de baixa qualidade há uma necessidade urgente de adequações e investimentos no setor. O objetivo desse trabalho é propor melhorias estruturais para a Estação de Tratamento de Água de Acopiara, a fim de melhorar o tratamento da água e verificar a possibilidade de aumento da produção com o sistema atual, objetivando o atendimento aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela portaria vigente. Foram realizados alguns testes e coleta de dados no local, assim como elaboração de cálculos para dimensionamento e verificação da capacidade real do sistema. Foi identificado que a atual vazão não atende a demanda do sistema, e que os filtros existentes necessitam de intervenção em relação a operação, e estrutural no que se refere a conserto de difusores e substituição do leito filtrante. Verificou-se ainda que há possibilidade de melhorar a eficiência do tratamento instalando dois filtros descendentes, adotando o sistema de dupla filtração. Sendo a proposta de adequação uma sugestão eficiente e com baixo custo de instalação de comparada a outras tecnologias disponíveis, além de se adequar a variações de qualidade da água bruta, contribuindo para melhoria da saúde da população e atendendo também as demandas da legislação e da agência reguladora.

Palavras-chave: Qualidade da água. Consumo humano. Dupla filtração.

ABSTRACT

The Northeast experienced the largest drought ever recorded in the state of Ceará between the years 2012 and 2017, with the Upper Jaguaribe Basin region being one of the most affected areas, specifically the city of Acopiara. Besides the quantitative aspects, the quality of the springs is also a concern for the public water supply. In order to enable the existing water treatment systems to acquire efficiency in the treatment of low quality water there is an urgent need for adjustments and investments in the sector.

The objective of this work is to propose structural improvements to the Acopiara Water Treatment Plant in order to improve water treatment and verify the possibility of increasing production with the current system, aiming at meeting the physical, chemical and microbiological parameters established by the ordinance in force. Some tests and data collection were performed on site, as well as calculations for sizing and verification of the actual capacity of the system. It was identified that the current flow rate does not meet the demand of the system, and that the existing filters need intervention in relation to operation, and structural in what concerns the repair of diffusers and replacement of the filter bed. It was also verified that there is a possibility of improving the treatment efficiency by installing two descending filters, adopting the double filtration system. The proposed adjustment is an efficient suggestion with low installation cost compared to other available technologies, besides adapting to variations in the quality of raw water, contributing to the improvement of the population's health and also meeting the demands of the legislation and the regulatory agency.

Keywords: Water quality. Human consumption. Double filtration.

INTRODUÇÃO

O Nordeste é uma região que apresenta peculiaridades em termos de precipitação pluviométrica, com baixa pluviosidade anual, em média 750mm, além de distribuição irregular e das altas temperaturas, com média de 28°, chegando até 40°C em alguns estados. (INPE, 2018). A região tem sofrido por conta das grandes estiagens, somadas às dificuldades que famílias do interior enfrentam para ter acesso ao recurso hídrico, o que prejudica tanto a saúde da população, como suas fontes de renda, sobretudo as atividades de agricultura e pecuária.

No estado do Ceará, de acordo com os dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), de 2012 a 2017 o Nordeste vivenciou a maior seca já registrada no estado. Dessa forma, a estiagem, muitas vezes restrita às populações rurais, chegou até as sedes municipais. (Adaptado Governo do Estado do Ceará e FUNCEME, 2017).

Na região do Alto Jaguaribe, uma das mais afetadas com a estiagem, existem municípios que já se encontram há oito anos com chuvas abaixo da média anual que é de 500mm a 700mm. Na cidade de Acopiara desde 2014 as chuvas têm sido abaixo da média histórica que é de 800 mm. (FUNCEME, 2018).

Além dos aspectos quantitativos, a qualidade dos mananciais também preocupa o abastecimento público de água. De acordo com o Relatório de Qualidade das Águas dos Açudes Monitorados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH), realizado em novembro de 2017; 83,19% das

amostras de água dos açudes analisados pela companhia apresentaram elevado nível de eutrofização. (COGERH, 2017).

Ainda conforme este relatório, os principais geradores da contaminação para os reservatórios são descargas de esgotos domésticos e industriais, afluição de partículas dos solos em decorrência de erosão hídrica, presença de gado no entorno dos açudes e piscicultura intensiva. Além dos impactos causados pela ação humana, há um agravante natural, pois, os reservatórios do Estado são formados por rios intermitentes e submetidos à interanualidade das chuvas, assim como baixos índices pluviométricos anuais. Estas condições dificultam a renovação da massa de água contida nos mesmos, o que contribui com a degradação natural da qualidade das águas. (COGERH, 2018).

Para enfrentamento da crise, o Governo do Estado do Ceará, em parceria com a Superintendência de Obras Hidráulicas (SOHIDRA), Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e COGERH, tem investido em obras hidráulicas e de saneamento, com objetivo de minimizar o impacto da seca no estado, dentre elas estão: a construção de adutora de montagem rápida (AMR's); construção de barragem e do "cinturão das águas"; busca de novas fontes hídricas, dentre elas a perfuração de poços tubulares e medidas de redução de perdas. (CEARÁ, 2018). Além destas medidas, faz-se necessário investimento e adequação das Estações de Tratamento de Água para que o recurso receba tratamento adequado e distribuição dentro dos padrões de qualidade para abastecimento humano.

PROBLEMA

Em Acopiara, Ceará, a atual Estação de Tratamento de Água foi projetada para operar através do açude Quincoê, que hoje se encontra seco devido à estiagem. Como forma de suprir a demanda da população outros dois açudes foram incluídos ao sistema. Todas estas alterações demandam de investimento no tratamento com objetivo de adequá-la aos parâmetros exigidos pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 do Ministério da Saúde (Antiga Portaria 2914, também do Ministério da Saúde), reduzindo assim a probabilidade de riscos à saúde humana deste município.

JUSTIFICATIVA

Com a alteração da qualidade da água dos mananciais, realizar

investimentos e adequação nas estações de tratamento é de extrema importância e deve ser visto como ação conjunta no enfrentamento à seca, assim como o monitoramento e rigorosa fiscalização dos mananciais e obras públicas de saneamento, principalmente no que se refere à coleta e tratamento de esgoto.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Propor melhorias estruturais para a ETA de Acopiara, a fim de melhorar o tratamento da água e verificar a possibilidade de aumento da produção com o sistema atual, objetivando o atendimento aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos estabelecidos pela portaria vigente.

Objetivos Específicos:

- Estimar população de projeto.
- Dimensionar tubulações de lavagem de filtro.
- Dimensionar vazões para abastecimento atual, população projetada e adução.
- Dimensionar vazões e velocidades ideais para lavagem dos filtros.
- Dimensionar capacidade de filtração ideal e máxima dos filtros existentes na ETA de Acopiara.
- Calcular capacidade da adutora (velocidade, diâmetro e vazão) verificando a possibilidade de aumentar a demanda do sistema.
- Dimensionar filtros descendentes (capacidade de filtração, diâmetro, tubulações, alturas e leito filtrante) de forma a adequá-los a ETA existente.
- Elaboração de Termo de referência para obra de adequação da ETA contendo: justificativa, objetivo, obrigações das partes, orçamento, projeto básico, normas e referências, forma de pagamento e cronograma de atividades.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Área de Estudo

Acopiara é um município brasileiro do estado do Ceará, localizado na região Centro-Sul do estado, possui população estimada de 51.160 habitantes, sendo 25.228 na zona urbana e 25.932 na zona rural. O número de domicílios é de 7.887 na zona urbana e 7.156 na zona rural. (IBEGE, 2010).

O clima da cidade é tropical quente semiárido, a temperatura média esta entre 26° a 28°, e o período chuvoso é entre os meses de fevereiro a abril com precipitação média anual de 788,8 mm. (IPECE, 2010).

Em 2012 e 2013 as chuvas da cidade foram abaixo da média, com uma recarga um pouco acima da média em 2014, não sendo esta necessária para amenizar os dois anos de seca seguidos, e a partir de 2014 o município tem sofrido até o presente ano com as chuvas bem abaixo da média, como pode ser verificado no gráfico seguinte.

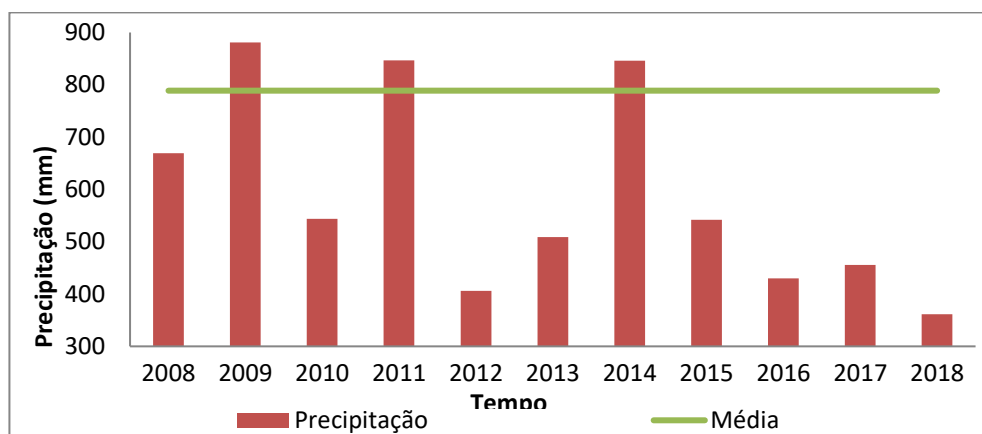


Figura 5: Histórico de Precipitação em Acopiara, Fonte: Adaptado FUNCEME, 2018.

Sistema de Abastecimento de Água de Acopiara

Um sistema de abastecimento de água deve fornecer e garantir água à população em condições adequadas de quantidade e de qualidade do ponto de vista físico, químico, biológico e bacteriológico, sem impurezas prejudiciais à saúde. Se tratarmos de aspectos econômicos o investimento em tratamento de água aumenta a vida média e reduz a mortalidade, aumenta a vida produtiva do indivíduo, tendo em vista a redução do tempo perdido com doenças, além de contribuir para o avanço das cidades com a instalação de indústrias, escolas, hospitais, etc.

Nesse contexto, é preciso considerar que a garantia do acesso à água de qualidade perpassa pelo planejamento inerente ao aproveitamento adequado dos recursos hídricos. No entanto, mesmo considerando que “a água de chuva que cai todos os anos no Semiárido representa uma fonte inesgotável; vale recordar que caem, em média, 750 bilhões de metros cúbicos de água de chuva no Semiárido, e apenas 30 bilhões são aproveitados” (IRPAA, 2007, p.35).

O atual sistema de abastecimento de água de Acopiara tem em média 15 a 20 anos de operação é constituído por unidades de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, como pode ser observado na Figura 02.

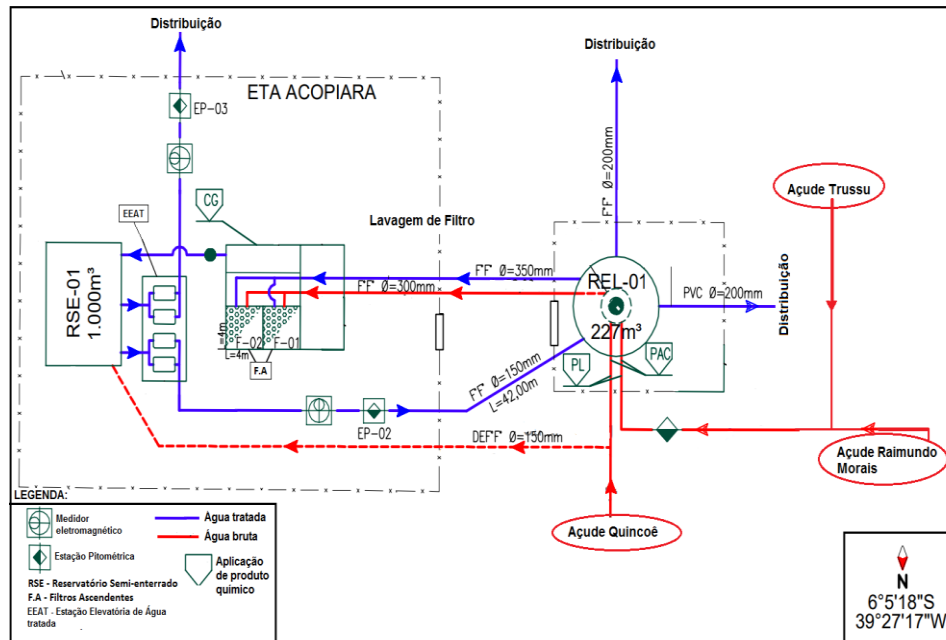


Figura 6: Sistema abastecimento de água de Acopiara, Fonte: Adaptado CAGECE, 2017.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente estudo será realizado com base em pesquisa bibliográfica e dados fornecidos através da Companhia de Água e Esgoto do Ceará - CAGECE e COGERH- Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Foram coletados valores históricos referentes à pluviometria média anuais no município e qualidade da água.

Foram realizadas visitas e alguns testes operacionais na ETA- Estação de Tratamento de Água de Acopiara. Com base na experiência e coleta de dados através do acompanhamento da operação da ETA surge à proposta de melhorias operacionais e estruturais mais adequadas ao sistema existente, com menor custo financeiro para a Companhia e que atenda aos padrões de potabilidade exigidos pela legislação vigente.

Para sugestão da adequação foram utilizadas as seguintes normas técnicas como parâmetro do projeto e legislação:

- NBR 12.211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.

- NBR 12.216/1992 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para abastecimento público.

- Padrão da residência: Médio- Residências com área edificada igual ou superior a 50 m² e inferior a 150 m² ou lotes com área igual ou superior a 150 m² e inferior a 350 m². (Norma interna da Cagece).

- Normas Internas da CAGECE (Sistema de Projetos e Obras – Anexos SPO- 023). O consumo "Per Capita" foi determinado de acordo com as tabelas 1 e 2 do anexo 1 da SPO-023 da CAGECE. - Consumo per capita: Médio (interior)- 150 L/hab.dia.

- Os valores adotados foram aqueles usualmente utilizados em sistemas para comunidades de pequeno porte, associada às prescrições normativas da ABNT.

- K1= 1,20 - coeficiente do dia de maior consumo

- K2 = 1,50 - coeficiente da hora de maior demanda.

- A população foi estimada com a taxa de crescimento de 2% ao ano, conforme recomendação da Cagece e NBR 12.211-ABNT, para uma previsão de 20 anos, visto que de acordo com os dados estatísticos o crescimento é menor que 2%.

- Anexo XX, consolidação 5 do Ministério da Saúde de setembro de 2017- Parâmetros de Qualidade da Água que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Além disso, foram utilizados cálculos hidráulicos para verificação da real capacidade da ETA existente e as adequações necessárias para aumento de vazão, tendo em vista que o sistema trabalha com abastecimento através de revezamento, analisando como a operação com vazão abaixo da demanda necessária pode influenciar na operação e qualidade da água tratada.

O seguinte estudo foi realizado com preposições de melhoria baseadas não somente para atendimento as condições atuais, mas uma adequação que atenda a demandas necessária por 20 anos, garantindo dessa forma o retorno financeiro à concessionária.

ANÁLISE DE DADOS

RESULTADOS

A capacidade ideal de filtração atual da ETA é de 160m³/h e a capacidade máxima de 240 m³/h logo, para atender a demanda atual de 217 m³/h e a projetada para 20 anos de 234,4m³/h, o atual sistema de tratamento atende ao pré-requisito da capacidade de filtração. Durante o acompanhamento da operação da ETA, e após a avaliação dos cálculos acima, alguns pontos foram observados:

- A vazão atual não atende de forma ideal a demanda da cidade;
- Ao verificar a velocidade de lavagem do filtro 02, foi encontrado um valor abaixo de 0,8 m/min.
- A limpeza química e lavagem com injeção de ar realizadas, não apresentaram melhoria no tratamento, o que indica uma provável obstrução nos difusores ou bolas de lodo e/ou areia que percolaram pelas camadas suportes. Neste caso, somente com a retirada total do leito filtrante e a reparação dos difusores solucionaria o problema.
- Mesmo a concessionária tendo realizado todos os procedimentos descritos, a qualidade se aproximou dos valores estabelecidos pela legislação vigente.

A atual Estação de Tratamento de Acopiara - CE opera através de filtração direta ascendente, no entanto, a área disponível para melhoria do sistema é reduzida. Conforme verificação, através de estudo bibliográfico e estudos das tecnologias disponíveis para tratamento de água para abastecimento (DI BERNARDO, 2004), chegou-se à conclusão de que a tecnologia mais adequada às oscilações de qualidade da água existente, atualmente, e a reduzida área disponível, seria a instalação de dois filtros descendentes, alterando o tratamento para dupla filtração.

Para atendimento a uma vazão de 240m³/h, capacidade máxima dos filtros ascendentes existentes, seria necessária a aquisição de 02 Filtros Descendentes de 3,5m de diâmetro. Os dois filtros terão capacidade máxima de filtração de 288m³/h, trabalhando com folga de 48m³/h, garantindo a melhoria na capacidade de filtração do sistema.

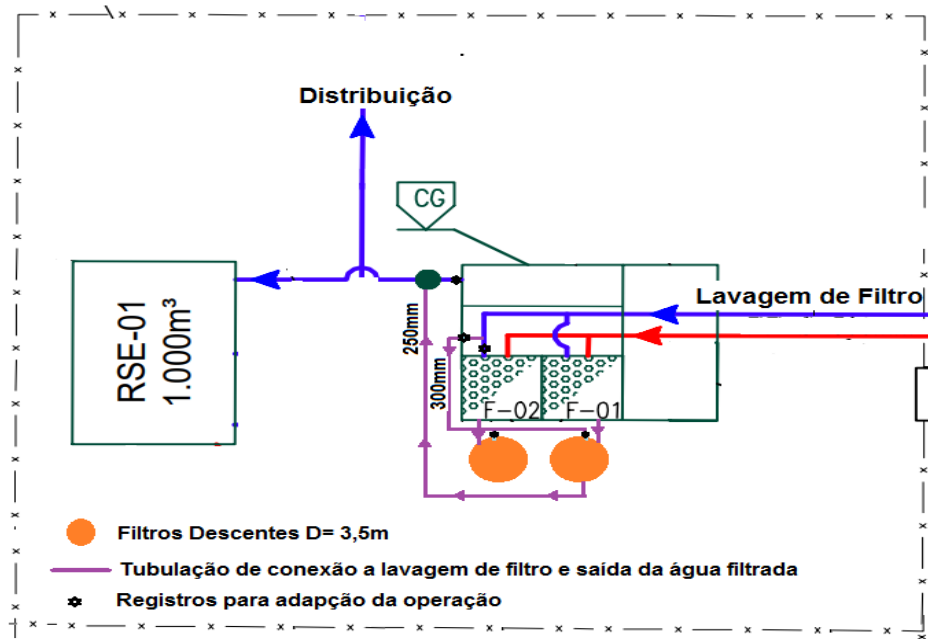


Figura 7: Proposta da implantação dos filtros descendentes, Fonte: Adaptado, Cagece 2017.

A dupla filtração proporcionará maior eficiência relativa ao tratamento da ETA, no entanto, a carga hidráulica existente precisa ser revista, para que seja possível a adequação.

O nível de água sobre a camada filtrante e o de saída do filtro, estabelecidos na norma NBR 12216/92, tem o objetivo de eliminar ou reduzir a ocorrência de pressão inferior à atmosférica no leito filtrante. Nesse intuito, foi realizada a medição das alturas referentes a entrada e saídas das tubulações, tanto entre o filtro ascendente existente e o filtro descendente a ser instalado, como da saída do filtro descendente para o reservatório.

Para que fosse possível o fluxo gravitacional da água do filtro descendente para o reservatório, a única solução seria elevá-lo, ficando conforme a desenho abaixo:

Analisando as Figura 03 e 04, podemos entender como ficaria a posição dos filtros descendentes dentro da estação e sua viabilidade de adaptações.

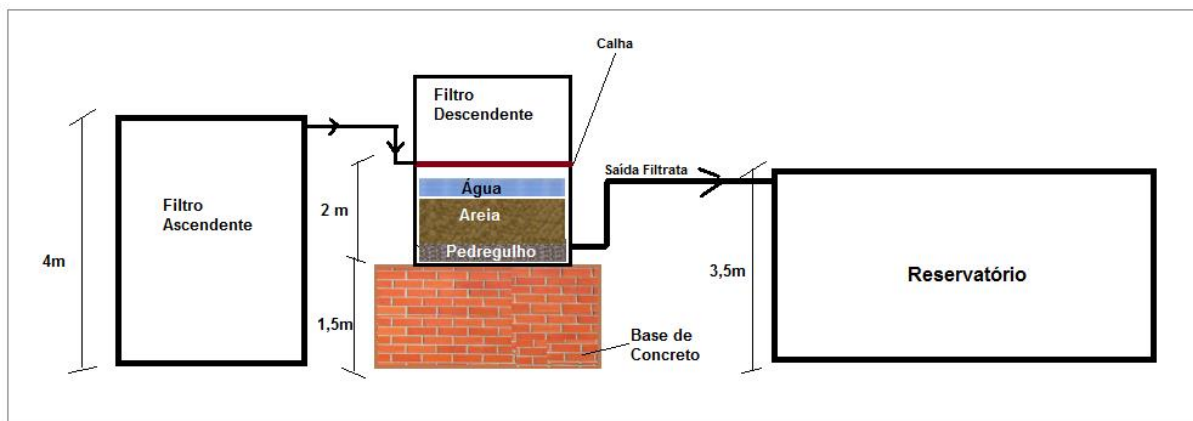


Figura 8: Situação proposta para Dupla Filtração, Fonte: Autor, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No trabalho realizado conclui-se que apesar de todo investimento do governo referente à seca histórica no estado com relação ao acesso a água, faz-se necessário também um olhar voltado para a questão da qualidade da água, como adequação de alguns sistemas, que nas condições atuais podem não mais atender a qualidade exigida pela legislação vigente.

Após avaliação do espaço geográfico disponível no sistema atual e da aplicação de cálculos percebeu-se que as adequações propostas seriam possíveis. Sendo a proposta de adequação uma sugestão eficiente e com baixo custo de instalação se comparada a outras tecnologias disponíveis.

Com as adequações sugeridas neste projeto, espera-se que ocorra o aumento da vazão no sistema, fator que resultaria em piora da qualidade, para isso faz-se necessário a alteração do tipo de tratamento de filtração direta para dupla filtração, e dessa forma além de contribuir para melhoria da saúde da população, atender também as demandas da legislação e da agência reguladora, evitando assim o pagamento de pesadas multas, que do contrário o valor poderia ser investido em melhoria para os sistemas.

REFERÊNCIAS

ABNT – Agência Nacional de Normas Técnicas. NBR 12216/92 –**Projeto Estação de Tratamento de Água para abastecimento público**. Disponível:

<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAE2egAL/nbr-12216-92-projeto-estacao-tratamento-agua-abastecimento-publico?part=8>. Acesso em: 16.02.18

BRAGA, Fuad M. **Dupla filtração em filtros ascendentes de pedregulho e filtros descendentes de areia aplicada à remoção de algas: influência da taxa de filtração e granulometria do filtro de areia**. Universidade de Brasília – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Dissertação de Mestrado. Brasília, jul, 2005.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente (MMA).**Instituto Nacional do Semiárido (INSA)**. População do Semiárido Estimada para 2014. Disponível em ; <http://www.insa.gov.br/sigsab/>, [Acesso em: 20 jul. 2017].

CEARÁ. Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Alto Jaguaribe** / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará; Eudoro Walter de Santana (Coordenador). – Fortaleza : INESP, 2009. 119p.

CEARÁ - GOVERNO DO ESTADO. Ceará transparente - **Maior seca da história do Ceará quebra paradigmas. Por Henrique Silvestre. Setembro, 2017**. Disponível em: <http://www.ceara.gov.br/2017/09/27/maior-seca-da-historia-ceara-quebra-paradigmas/>. Acesso em: 27.02.18.

COGERH – Companhia de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Ceará. **Relatório da Qualidade das águas dos açudes monitorados pela COGERH.- Campanha de novembro de 2017**. 2ª Ed. Fortaleza-CE, fevereiro de 2018. Disponível em: http://www.hidro.ce.gov.br/estado-trofico?data_ini=11-2017. Acesso em: 10.04.18

DE PAULA, D. **Avaliação da dupla filtração para tratamento de água supercificial utilizando filtro ascendente de areia grossa**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003. 177p.

DI BERNARDO, L. coord. ET AL. Tratamento de Água para abastecimento humano por filtração direta. Projeto PROSAB, Rio de Janeiro, ABES. Rima, 2003.

DI BERNARDO, Angela S. **Desempenho de sistema de dupla filtração no tratamento de água com turbidez elevada**. Universidade de São Paulo. P.301. Tese de Doutorado. São Carlos, 2004.

FUNCEME- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Precipitação média no Ceará e no município de Acopiara de 2008 a 2018**. Disponível em: <http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/569-precipita%C3%A7%C3%A3o-m%C3%A9dia>. Acesso em:10.04.18

HELLER, L. et AL. Abastecimento de água para consumo humano. 2 ed. **Ver e atual – Belo Horizonte. Editora: UFMG**, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA.
População, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15.09.17

IPECE – **PERFIL BÁSICO MUNICIPAL**

- **Acopiara, 2016.** Disponível em:

http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2016/Acopiara.pdf. Acesso em: 23.07.17.

IRPAA, Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada. **No Semiárido Viver é aprender a conviver:** Conhecendo o Semiárido em busca da convivência. Cartilha, Juazeiro - BA, 2007.

KURODA, E.K. **Avaliação da filtração direta ascendente em pedregulho com pré-tratamento em sistema de dupla filtração.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002. 238p.

MACHADO, Luciana de Souza Melo; SCALIZE, Paulo Sérgio. AVALIAÇÃO DA FILTRAÇÃO LENTA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA CAMPUS-SISTEMA SAMAMBAIA. In: **SBPC**, Goiás. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-luciana-souza.pdf>. Acesso em: 03.03.18

PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta / Luiz Di Bernardo (coordenador). – Rio de Janeiro : **ABES, RiMa**, 2003. 498 p.

SAAESMA – **Serviço de Abastecimento de Água e esgotamento sanitário de São Mateus** – Espírito Santo, 2013. Disponível em: <http://www.saaesma.com.br/tratamento>. Acesso em: 03.04.2018.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (ORG). Operação e manutenção de estações: abastecimento de água: guia do profissional em treinamento : nível 1 / – Belo Horizonte : **ReCESA**, 2007. 80 p

Capítulo 4

**LEVANTAMENTO DE DADOS PARA
GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO
DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO
URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO
BERNARDO DO CAMPO**

Leda Maria de Almeida Nelo

LEVANTAMENTO DE DADOS PARA GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

Leda Maria de Almeida Nelo

Arquiteta e Urbanista pela Universidade de Mogi das Cruzes, Mestranda em Cidades Inteligentes e Sustentáveis pela Universidade Nove de Julho, Especialista em Cidades Inteligentes e Sustentáveis pela Universidade Nove de Julho, Especialista em Arborização Urbana pela Universidade Federal de São Paulo, Especialista em Gestão e auditoria Ambiental pela Universidade Pitágoras Unopar. E-mail: arquiteta.ledanelo@gmail.com

RESUMO

É grande a demanda para as questões de redução dos resíduos sólidos urbanos a nível nacional, ao qual se incluem os resíduos da poda urbana. Não existem leis e diretrizes específicas direcionadas aos resíduos da poda, estando assim enquadrados nas leis de limpeza pública urbana. O material verde oriundo da poda gera grande volume de resíduos, sendo necessário buscar possibilidades e recursos para o reuso desses resíduos orgânicos. Através de viabilidades técnicas, sustentáveis e de reaproveitamento promover a minimização e fazer o descarte ambientalmente correto. A arborização urbana, como elemento importante no plano urbano de um município, é benéfica para todas as qualidades de vida, e os resíduos por ela gerados é matéria-prima abundante, sustentável com grande variação de uso. Para trabalhar de forma adequada esses resíduos, é preciso uma gestão sadia sustentavelmente. A utilização dos resíduos da poda é um recurso de baixo custo, vantajoso por conta da sua variedade arbórea de aplicação. Desenvolver um plano de gestão de reaproveitamento de resíduos da poda que possa explorar melhor o insumo orgânico, contribuindo com o ambiental, social e econômico. Criar soluções que permitam ações integradas, gerando trabalho, aprendizado, renda e economia ao município, além de educação ambiental. A gestão como forma de reaproveitamento é o dispositivo de valorização de todo esse material, é o estímulo ao desenvolvimento sustentável, é o inserir do olhar para a renovação ao que pode ser reaproveitado. Agregar valores e, de forma econômica e combinada, aumentar a capacidade como matéria-prima orgânica, proporcionando ações ecológicas para o município e para a sociedade. Conscientização e esforços são necessários por parte da gestão municipal e da sociedade em geral quanto aos benefícios do reaproveitamento e utilização dos insumos da poda urbana.

Palavras-chaves: resíduos, arborização urbana, sustentabilidade, educação ambiental

ABSTRACT

There is a great demand for issues of reduction of urban solid waste at the national, which includes waste from urban pruning. There are no laws and guidelines specific directed to pruning residues, being thus framed in the laws of urban public cleaning. The green material from pruning generates a large volume of waste, and it is necessary to seek possibilities and resources for reuse of these organic wastes. Through technical, sustainable and reuse to promote minimization and environmentally correct disposal. The urban afforestation, as an important element in the urban plant of a municipality, is beneficial to all quality of life, and the waste generated by it, is material abundant raw material, sustainable with a wide range of use. To work in a way adequate to these wastes, sustainable healthy management is required. The use of pruning residue is a low-cost resource, advantageous because of its variety application tree. Develop a waste reuse management plan pruning, which can better exploit the organic input, contributing to the environmental social and economic. Create solutions that allow integrated actions, generating work, learning, income and savings to the municipality, in addition to environmental education. The management as a form of reuse, it is the device for valuing all this material, it is the stimulus to sustainable development, it is the insertion of a vision for renewal, by which it can be reused. Adding values, and in an economical and combined way increase capacity as an organic raw material, providing actions for the municipality and society. Awareness and efforts are needed by the municipal management and society in general regarding the benefits of the reuse and use of inputs from urban pruning.

Keywords: residues, urban afforestation, sustainability, environmental education

1 INTRODUÇÃO

A arborização urbana é muito mais que o embelezamento da paisagem urbana. Historicamente, foram vias públicas da Pérsia, Egito e Índia, que surgiram as primeiras árvores, mas a precursora rua arborizada é datada de 1.660 em Paris, para embelezar a cidade e proteger os movimentos militares, além de serem adequadas também como material para uso de barricadas. A partir de então, houve uma grande expansão da arborização em todas as cidades. A arborização urbana atua sobre o conforto humano no ambiente, por meio das características naturais das árvores, proporciona sombra para os pedestres e veículos, reduz a poluição sonora, melhora a qualidade do ar, diminui a amplitude térmica, proporciona abrigo para os pássaros e harmonia estética, o que ameniza a diferença entre a escala humana e os outros componentes arquitetônicos como prédios, muros e grandes avenidas (SILVA FILHO, 2006). O planejamento urbano, juntamente com um bem elaborado complexo de arborização urbana e seus elementos vegetativos voltados para a valorização do espaço urbano é importantíssimo para o bom desempenho da cidade, de seus habitantes e seu meio ambiente. Para Silva Filho (2006) as árvores urbanas

desempenham uma importante função no embelezamento da paisagem, na redução da poluição atmosférica, na moderação do balanço energético do município e no escoamento superficial da água de chuva. A cidade é como um grande organismo vivo e as árvores fazem parte desse sistema urbano. Inserir a arborização urbana seriamente na agenda de planejamento para as próximas décadas é, sem dúvida, um ótimo negócio para as cidades brasileiras (BUCKERIDGE, 2015). Apesar dos benefícios diretos da arborização urbana, temos muitos desafios para mantê-la nas cidades, um deles está relacionado com o manejo. Conforme a meta 11.6 ODS-11 da Agenda 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive com especial atenção à qualidade do ar, gestão dos resíduos municipais e outros; e a meta 12.5 do ODS-12, reduzir substancialmente geração e resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, é um incentivo e escopo às municipalidades para aprimorar e estender sua gestão e ações voltadas para essas questões de sustentabilidade social, ambiental e ecossistêmica.

O Estado de São Paulo possui um programa de incentivo às cidades chamado Programa Verde Azul que orienta o manejo e plantio gerando notas “ecológicas” para as cidades que cumpram com esses conceitos e agregando valores para futuros investimentos para esses municípios.

Dentro do contexto do manejo da arborização urbana destaca-se a destinação dos resíduos arbóreos. Resíduo verde é aquele originário da poda ou Corte (remoção) de árvores e plantas. Portanto, podemos dizer, em outras palavras, que são resíduos da arborização urbana. Este tipo de lixo é composto por galhos e cascas de árvores, troncos, gramas, folhas verdes ou secas, flores, sementes, raízes e outros materiais orgânicos de origem vegetal (LIMA, 2004).

Poucas cidades no Brasil possuem destinação correta do uso dos resíduos de poda, resíduos esses que podem chegar a mais de 50 toneladas anuais que vão direto para os aterros sanitários. A falta de modelos eficientes para a gestão dos resíduos das podas da arborização urbana, tem resultado em diversos problemas ambientais, sociais e econômicos resultantes da disposição inadequada desses materiais. O gerenciamento inadequado destes resíduos tem resultado em altos custos para os municípios, o comprometimento de grandes áreas à disposição, o aumento do risco de incêndio em aterros e terrenos baldios, a degradação da paisagem e poluição do ar e água (CHALUPPE, 2013).

Para que se obtenha a quantidade real dos resíduos gerados do manejo arbóreo é necessário que haja as características e a tipologia da arborização urbana e o reconhecimento de todas as espécies vegetativas.

Para Meira (2010) o entendimento da estrutura da mesma fornecerá subsídios para que os silvicultores possam definir a programação das podas, a limpeza e o controle das pragas e doenças entre outras ações que irão determinar os tipos e volume de resíduos gerados.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010, em seu Art.13, quanto à periculosidade os resíduos da poda urbana são classificados como resíduos de limpeza urbana, já para a ABNT, pela NBR 10.004/2004, os resíduos da poda são biodegradáveis, classificados na Classe II-A como resíduos sólidos, não inerte.

Para a PNRS, que estabelece os princípios, os objetivos e as diretrizes, todos os resíduos têm que ter disposição final ambientalmente adequada, incluindo o resíduo do manejo arbóreo, e, dentro de suas características devendo ser valorizados através da reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e por aproveitamento energético.

Desta forma, toda e qualquer intervenção na arborização do município com vistas a otimização requer um planejamento que deve incluir o conhecimento e a avaliação da composição arbórea pré-existente, ou seja, o inventário do patrimônio arbustivo local, o que irá fornecer informações para a definição das prioridades de intervenção (ROCHA, L. L., 2004).

Alguns municípios agregam dentro desse reaproveitamento benfeitorias para a cidade e para a comunidade em geral. O município de São Paulo através da Lei 14.723/2008, regulamentada pelo Decreto Municipal nº 51.664/2010, instituiu o Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvore (PAMPA), que procura o aproveitamento da madeira gerada pelas podas das árvores da cidade que anteriormente tinha como destinação o aterro.

Os resíduos da arborização urbana têm grande potencial, pois são matérias-primas disponíveis e sustentáveis e através de planejamento, de uma gestão com disponibilidade para implantar um programa adequado de reaproveitamento, investimento, equipamentos, tecnologias apropriadas e capacitação, transformá-las em produtos com alto poder sustentável.

Os métodos de caracterização dos resíduos da poda são definidos em função do seu objetivo. Pode-se classificá-los em função de sua origem, tipo, fatores geradores, quantidade, composição e periculosidade, características físicas, sazonalidade, dispersão espacial e forma de manejo (NOLASCO, 2000).

Os resíduos da poda são resíduos verdes, orgânicos, oriundos da poda de exemplares arbóreos, seja como podas preventivas ou corretivas. Grandes quantidades de resíduos da poda, como folhas, galhos, ramos, flores, sementes, troncos, entre outros. Suas características, propriedades e subdivisões devem ser classificadas através dos seus aspectos químicos e físicos. Cada espécie possui uma arquitetura específica e toda essa variedade inclui suas estruturas reprodutivas e tipo de madeira.

Para Meira (2010), os resíduos podem ser classificados em função das espécies que o originaram, das suas dimensões, do componente do qual provém, entre outros. Isso é fundamental para definir a destinação mais do município, adequada para esse material. Esse resíduo orgânico, para Barrichelo e Brito, 1985; Silva L L, (2005) é constituído aproximadamente de 50% de carbono, 6% de hidrogênio, 44% de oxigênio e 1% de nitrogênio.

Desenvolver um plano para integrar a matéria-prima que vem da arborização e que por alguns anos contribuiu para o crescimento e economia juntamente com a necessidade de minimização dos resíduos através do reaproveitamento desse material e dos conceitos de sustentabilidade, propor ações que envolvam a gestão municipal, a sociedade e o meio ambiente. O fundamento desse propósito é dar vida a uma matéria-prima com biomassa tão rica e sustentável e que está à disposição para ser reutilizada das mais diversas formas, é instigar o município a reaproveitar esse material através da junção ambiental, educacional, social, cultural e econômica.

1.1 OBJETIVOS

Esse trabalho teve como objetivo diagnosticar a gestão de resíduos arbóreos da cidade de São Bernardo do Campo.

São objetivos específicos:

- Compreender a gestão de resíduos de poda do município, através de um formulário de pesquisa aplicado no Departamento de Parques e Jardins e Consórcio SBA;

- Elaborar uma sugestão para criação de oficinas e cursos para que, através da matéria-prima sustentável, possa desenvolver objetos funcionais, alternativos e orgânicos;
- Auxiliar na identificação dos tipos de madeiras provenientes das podas para melhor utilização nas oficinas propostas.

2 METODOLOGIA DE TRABALHO

Levou-se em consideração e de grande importância conversas com mestres de áreas técnicas e ambientais e profissionais que atuam com suas atividades diárias em campo, e foram realizados:

Levantamentos bibliográficos, históricos e documentais, entrevistas presenciais, pesquisa em forma de entrevista e foi elaborado também um roteiro de entrevistas em forma de questionário;

Visitas em campo, tais como no Centro de Reaproveitamento de Podas e em parques, visitas em áreas verdes da cidade, visitas ao centro de reaproveitamento em outros municípios e o acompanhamento de execução de podas.

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

Localizado no Sudoeste do Brasil, no Estado de São Paulo, o município de São Bernardo do Campo em relação à Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) faz divisa com os municípios de Diadema, São Caetano do Sul, Santo André e São Paulo, e ao Sul com Cubatão e São Vicente, que integram a RMSP.

Juntamente com os municípios de Diadema, Santo André, São Caetano do Sul, Mauá, Ribeirão Pires, Rio Grande da Serra formam o Grande ABC e compõem a sub-região Sudeste.

Sua posição geográfica está nas coordenadas do Paralelo 23° 38'25" , Latitude Sul - Sul do Trópico de Capricórnio e Meridianos 23° 57' 57", Longitude Oeste de Greenwich (Figura 1).

Figura 1: Localização do Município de São Bernardo do Campo



Fonte: google.com

3 HISTÓRICO DA ARBORIZAÇÃO URBANA DA CIDADE DE SÃO BERNARDO DO CAMPO

São Bernardo do Campo está situado no Bioma de Mata Atlântica, cuja floresta tropical é a segunda mais importante da América do Sul, tanto em extensão quanto em biodiversidade.

Variações territorial, topográfica e climática da Mata Atlântica justificam essas grandes diferenciações. Entre as mais ameaçadas com perdas de biodiversidade do mundo, esta floresta possui grande número de espécies endêmicas e arbóreas lenhosas. A vegetação da Mata Atlântica está diretamente relacionada com as condições de cada região e são influenciadas por fatores como umidade, temperatura, iluminação e quantidade de oxigênio no solo. As características das árvores são altas com copas bem próximas uma das outras, formando um dossel que controla a quantidade de luz que atinge as árvores e as vegetações mais baixas. São comuns arbustos de pequeno porte, além de ervas gramíneas, musgos e brotos e também trepadeiras que se desenvolvem nos troncos das árvores. É na região da Floresta Ombrófila

Densa floresta caracterizada por vegetação composta de plantas lenhosas que é característica de regiões tropicais de temperatura elevada e alta pluviosidade sem

períodos secos com média de 25° C e a 60° C dias secos, que São Bernardo do Campo está inserido no que diz respeito ao Bioma da Mata Atlântica.

A Floresta ombrófila de São Bernardo do Campo é subdividida em duas categorias: Floresta ou Vegetação Secundária de floresta Ombrófila Densa Sub-montana/40 a 500 mts e Floresta ou Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana/ 500 a 1.500 mts, cuja predominância no município é Vegetação Secundária da Floresta Ombrófila Densa Montana.

Com 47% do território municipal coberto por florestas nativas e em torno de 60% desta vegetação inserida no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), o que representa 28,4% de toda a área protegida da Bacia do Alto Tietê.

A cobertura vegetal nativa em São Bernardo do Campo é de 219.423.616,00 m2 e a área arborizada total no município é de 5.493.664,20 m2.

Esses fragmentos são fundamentais na conservação da biodiversidade na região e ocupam área expressiva que integrada ao PESM compõem parte do cinturão verde da cidade de São Paulo, Reserva da Biosfera. Áreas de reflorestamento, áreas urbanas arborizadas e vegetação de várzea juntamente com a extensa área de mata, compõem a cobertura vegetal de São Bernardo do Campo, incluindo ainda chácaras e hortifrutigranjeiros também como parte integrante da Reserva da Biosfera.

Em São Bernardo do Campo a arborização urbana teve início na década de 1960 e como em todas as cidades brasileiras a falta de conhecimento fez o município cometer equívocos quanto ao planejamento e espécies utilizadas na arborização. Na época as espécies mais utilizadas no plantio foram: Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*), Tipuana (*Tipuana tipu*), Ipê roxo (*Handroanthus impetiginosus*), Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), Uva japonesa (*Hovenia dulcis*), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*) e Espatódeas (*Spathodea campanulata*).

No final da década de 60, ocorreu o plantio das espécies Ficus benjamim (*Ficus benjamina*), Resedá (*Lagerstroemia indica*) e Falsa murta (*Murraya paniculata*). O plantio das espécies sem levar em consideração a largura do passeio, postes, bueiros, acessibilidade, esquinas, fiações e tubulações teve como consequência grande quantidade de poda das copas e raízes, danificando muros, tubulações e calçadas, dificultando a acessibilidade transformadores, atrapalhando também a visão de motoristas em esquinas e tapando placas de sinalização.

Por volta de 1990, foi suspenso o plantio do *Ficus benjamim* (*Ficus benjamina*) em passeio público, mas muitos municípios continuaram comprando mudas da espécie e plantando por conta própria.

Árvores nativas de médio e pequeno porte foram introduzidas no início anos 2000, com espécies como: Aroeira- salsa (*Schinus molle*), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), Ipê- tabaco (*Zeyheria tuberculosa*), Manacá-da-serra (*tibouchina mutabilis*), Ipê-rosa (*Tabebuia roseo-alba*), Mirindiba-rosa (*Lafoensia glyptocarpa*) e Caroba (*Jacaranda puberula*), a fim de minimizar os atritos entre a arborização e o urbano.

Devido ao grande prejuízo à infraestrutura urbana, ao acesso e à circulação de pedestres, a danificação de estruturas de edificações, calçadas e leito de ruas, bem como o esmagamento de tubulações e abalos em muros, entre outros transtornos, a Lei 6.370/2014 proibiu o plantio das espécies *Ficus benjamim* (*Ficus benjamina*) e *Ligustro* (*Ligustrum lucidum*).

Em São Bernardo do Campo não há plano de arborização urbana, manual de arborização urbana ou inventário da arborização; também não existe um manual da caracterização das espécies arbóreas do município. Todo planejamento de arborização e rearborização é elaborado pela orientação da Lei Orgânica do município que instituiu determinações como passeios menores que 1,60m de largura não podem ser arborizados, distância de 5,00m das esquinas, 3,00m de postes e demais equipamentos urbanos, como orelhões, semáforos, entre outros.

Quanto à escolha das espécies a serem utilizadas para a arborização urbana, se há presença de redes elétricas, telefonia, TV a cabo, deverão ser utilizadas espécies adequadas ao espaço.

E como forma de resgatar a vegetação original e possibilitar o retorno das aves na região, espécies nativas da Mata Atlântica são elencadas para o plantio como: Pitangueira (*Eugenia uniflora*), Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), Cambuci (*Campomanesia phaea*), Jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*), Pau-ferro (*Caesalpinia leiostachya*), Sibipiruna (*Caesalpinia pluviosa*), Cereja-do-rio-grande (*Eugenia involucrata*), Quaresmeira (*Tibouchina granulosa*), Manacá-da-serra (*Tibouchina mutabilis*), Paineira rosa (*Chorisia Speciosa*) e Ipê- rosa (*Handroanthus heptaphyllus*).

De acordo com o Painel Estatístico 2020, Ano Base 2019, em São Bernardo do Campo a densidade de arborização é de 54 árvores/km de passeio e o índice de área

verde (IAV) do município é de 7,62 m²/habitantes. Dados apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Número de exemplares arbóreos no Município de SBCampo

DESCRIÇÃO	NÚMERO DE ÁRVORES
Novas árvores plantadas	1.431
Quantidade de árvores replantadas	457
Quantidade de árvores removidas	1.459
Total de árvores existentes	141.144

Fonte: Prefeitura Municipal de São Bernardo do Campo – Secretaria de Serviços Urbanos, ano de 2019.

Em entrevista realizada com o Departamento de Parques e Jardins através do Engenheiro Agrônomo responsável, o número é de aproximadamente 8.000 exemplares arbóreos com provável queda no município.

Quanto à arborização nos bairros do município, entre os mais arborizados estão Rudge Ramos, Paulicéia, Taboão, Nova Petrópolis, Jordanópolis, Centro, Assunção e Bairro Anchieta.

Introduzidos nas áreas urbanas dos municípios, integrando o sistema de áreas verdes da cidade, os parques urbanos assumem funções diferenciadas como: social, ambiental, educativa e psicológica, além de estética urbana. São Bernardo do Campo conta com quatro principais parques com áreas verdes: Parque do Estoril Virgílio Simionato, Parque Cidade de São Bernardo Raphael Lazzuri, Parque Engenheiro Salvador Arena e Chácara Silvestre.

Segundo o botânico e Professor Doutor de Ecologia da UFABC, Márcio Werneck, as espécies mais comuns em São Bernardo do Campo são: Alfeneiro (*Ligustrum vulgare*), Ficus benjamim (*Ficus benjamina*), Ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus*), Ipê-amarelo (*Handroanthus albus*), Ipê-rosa (*Handroanthus heptaphyllus*), Ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba*), Sibipirunas (*Caesalpinia pluviosa*), Tipuanas (*Tipuana tipu*), Pata-de-vaca (*Bauhinia forficata*), Aroeira-salsa (*Schinus molle*) e Espatódea (*Spathodea campanulata*).

3.1 LEVANTAMENTOOS TRABALHOS NO CENTRO DE REAPROVEITAMENTO DE PODAS (CRP)

Localizado na Rua das Flores, nº 1.000, bairro Batistini, São Bernardo do Campo, em terreno próprio municipal, o Centro de Reaproveitamento de Podas recebe aproximadamente 22 toneladas de resíduos da arborização urbana por dia. Desse total, 80% é reaproveitado em forma de compostagem.

A compostagem, após sua decomposição é um composto orgânico, reconhecido como um fertilizante orgânico, conforme a Lei 86.955/1982, alterada pelo Decreto 4.954/2004, Art.2, do Ministério da Agricultura.

A Prefeitura de São Bernardo do Campo cedeu uma área dentro do CRP para a ONG Associação Santo Inácio do Trabalhador Especial, utilizada como canteiro de horta comunitária e um galpão para beneficiamento, que são cuidados por esses trabalhadores especiais.

Parte do material das podas de árvores, como os galhos mais finos e as folhas que correspondem a 60% do volume total dos resíduos verdes, pode ser usado em compostagem, ficando o restante para outros fins como a lenha, carvão, objetos, etc.

O composto orgânico final dos resíduos de poda de diversas espécies apresenta boa qualidade, indicado para uso na produção de mudas (BARATTA JUNIOR, 2007). Uma parte do composto orgânico gerado no CRP é utilizado na horta, outra parte é passada por beneficiamento (peneiramento) e vendido pela ONG, assim como os alimentos colhidos da horta, como forma de renda para ajudar no custeio das despesas da própria entidade. O restante desse material é utilizado pela Prefeitura.

Figura 2: Maquinário, leiras, resíduos da poda, horta e depósito no CRP, SBCampo



Fonte: Arquivo pessoal, 02 /2021.

4 DIAGNÓSTICO DOS DADOS COLETADOS

A partir de todos os dados coletados fica evidente que são ausentes no município de São Bernardo do Campo planos voltados para a arborização urbana, documentos que registrem e comprovem o maciço arbóreo urbano por completo.

Todas as aparições que descrevem o vegetativo da arborização urbana são por indicadores e estimativas, sem comprovações concretas.

Toda poda e remoção que acontece no município tem que ser autorizada pelo Departamento de Parques e Jardins.

As operações são realizadas pela Prefeitura, através do Consórcio SBA, prestadora de serviço ao município, e pela Concessionária de Energia Enel.

Os resíduos da poda gerados nas operações são retirados pela empresa SBA, quando de serviços municipais, que os destinam ao CRP, e quando ocorrem operações pela concessionária de energia, os mesmos são retirados pela própria e fazem o manejo deste resíduo com descarte adequado.

O Centro de Reaproveitamento da Poda apresenta condições boas para o desempenho dos trabalhos, mas remodelar a distribuição do material orgânico para a decomposição seria de melhor proveito da área, assim, como se houvesse a pesagem de todo material que chega para que a quantidade deixe de ser estimada pela metragem cúbica que é acondicionada na carroceria do caminhão que faz o manejo dos resíduos até o local.

A deficiência quali-quantitativa ocorre por não haver equipamento para pesagem no CRP nem nos caminhões. Todo o material pesado e de maior porte fica depositado sem nenhuma medida fitossanitária, criando chorume até ser removido para o aterro sanitário; todavia, poderia estar sendo aproveitado em diversos usos.

Os exemplares arbóreos que fazem parte da arborização urbana e que puderam ser analisados pelas condições estruturais externas em alguns locais do município apresentam aspectos fenotipicamente saudáveis, embora, aparentemente existam 8.000 árvores com possíveis quedas na região.

Entre os requisitos básicos para o bom desempenho de uma gestão, as ações devem estar sempre vinculadas, considerando seja o trabalho ou maquinário. Formas consensuais devem fazer parte da integração dos objetivos em comum para que essa soma atinja os elementos que precisam ser reformulados; no caso dos resíduos, que a poda urbana chegue ao destino ambientalmente correto. A falta de responsabilidade ambiental e social afeta em grandes proporções o ambiente municipal e dificulta o

resgate de recursos que se fazem importantes na governança e no equilíbrio ambiental.

Não havendo condições que permitam a municipalidade ter cem por cento de resultados das atividades e serviços, principalmente nessa questão de resíduos da arborização urbana, é interessante ampliar projeções para estimular o melhor desenvolvimento sustentável como aspecto abarcante para todos os meios de sustentabilidade e para atender as necessidades do presente sem comprometer as necessidades das futuras gerações.

Todas as possibilidades de valorização dos resíduos devem levar em conta a sua escala e sazonalidade de geração ao longo do ano, as características básicas e propriedades físicas, químicas, mecânicas, que favorecem e limitam a utilização dos resíduos para que sua utilização na escala desejada seja viabilizada.

Para os resíduos da poda da arborização urbana, todas essas possibilidades, geralmente são desenvolvidas em pequenas escalas, com iniciativas muito pontuais e desarticuladas (Meira, 2010).

A madeira é uma matéria-prima, um material de grande potencial sustentável, sua utilização em forma de reaproveitamento é totalmente benéfico ambientalmente, socialmente e economicamente.

Foi realizado por Camilo; Espada; Martins (2008) um levantamento em 70 municípios do Estado de São Paulo referente aos sistemas de gestão dos resíduos da poda e remoção, verificando que não existe regulamentação municipal sobre podas e remoção de árvores. Tudo que se vê são diferentes metodologias, adotadas pelas concessionárias de energia elétrica e prefeituras.

A pesquisa demonstra ainda que o aproveitamento e a valorização dos resíduos da poda representam cerca de 4% do total e a maioria é lançada em lixões, aterros, depósitos, terrenos baldios. Quando há algum tipo de valorização dos resíduos, as aplicações estão voltadas para a produção do composto orgânico, infraestrutura (buracos, mata burros, etc), controle de erosão, cerâmicas, olarias, granjas, confecção de estacas, entre outros usos.

A valorização da matéria-prima orgânica, e de grande abundância provenientes da poda da arborização urbana, como inclusão de recursos sustentáveis é uma conscientização da valorização dos resíduos, da biomassa e dos valores econômicos.

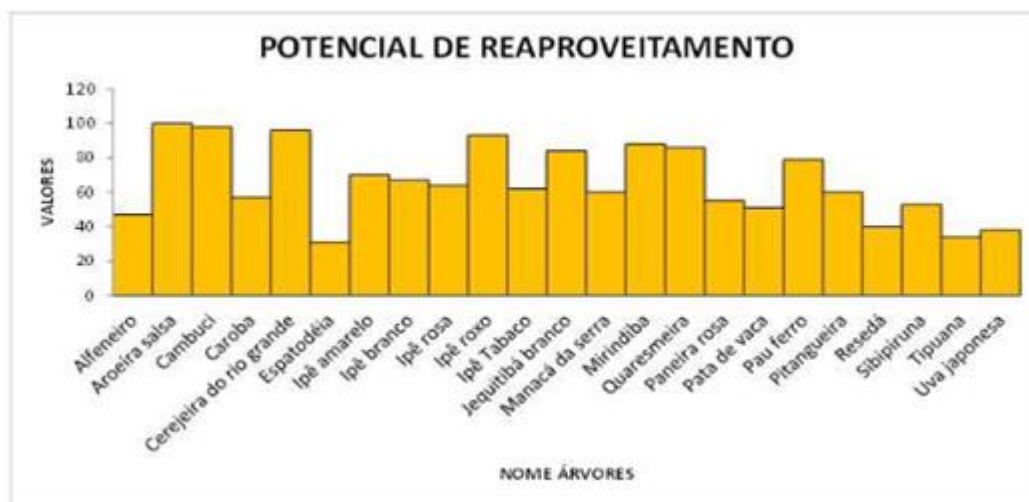
É necessário lembrar que resíduos da poda são materiais muitas vezes nobres e que há necessidade não apenas de se resolver o problema de geração destes

resíduos na fonte como de dar-lhe possibilidades de usos e de substituições de materiais, poupando matéria-prima e gerando a possibilidade de trabalho e renda Meira (2010).

5 POTENCIAL DE REAPROVEITAMENTO DA MADEIRA DA PODA

Gráfico elaborado considerando tipo de madeira, lamina de cor, características e uso.

Gráfico 1: Estimativa do Potencial de reaproveitamento



Fonte: autora

6 GESTÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA PODA

O objetivo deste trabalho é de sugerir a elaboração de uma gestão de reaproveitamento mais sadia sustentavelmente para esses resíduos praticamente esquecidos, caros e não inseridos geralmente nas atividades e conceitos ecológicos dos municípios, mas de tanto potencial de uso e valor econômico e sustentável, buscando possibilidades de utilização que atenda, através de viabilidade técnica, econômica, educacional e social, a valorização desse elemento em questão, o reaproveitamento dos resíduos da poda.

Implantar a gestão dos resíduos da poda requer muito trabalho e discernimento; é um plano dificultoso que pode se direcionar para várias alternativas e um caminho pode ser diferente do outro por não haver diretrizes específicas, por fator financeiro, enfim, por diversos recursos que envolvem o poder público.

A renovação de tratamento aos resíduos da poda urbana pode alterar o cenário de descarte e de embelezamento urbano e, de forma condizente, atrelar esse material ao maciço da municipalidade e à sociedade, gerando além de trabalho e aprendizado, a inserção do equilíbrio ecológico na cidade, contribuir para reduzir os impactos ambientais, entre outras questões, no desempenho municipal junto ao Programa Verde Azul e outros programas ambientais.

Unificar a gestão proposta a algumas das secretarias municipais, é haver a interação que se faz necessária ao desenvolvimento do plano. Contudo, integrar essa gestão à Secretaria do Meio Ambiente e Proteção Animal, através de seus programas de educação ambiental, à Secretaria de Cultura e Juventude com suas programações culturais, ao Departamento de Parques e Jardins que gerencia as questões das paisagens verdes urbanas do município, da Secretaria de Obras e Planejamento Estratégico, a fim de adequar a edificação existente às novas atividades, é introduzir o reaproveitamento dos resíduos da poda no contexto municipal e encadear a gestão de forma substancial às necessidades do descarte adequado, aumentar o ciclo de vida de uma matéria-prima tão nobre ecologicamente e economicamente, é o inserir do olhar para a renovação, ao que pode ser reaproveitado, é o voltar a dar vida às árvores que tanto contribuem para o urbano e para o ser humano.

Considerando o histórico do município com o uso da madeira, as questões ambientais, sociais e econômicas como forma de gestão de reaproveitamento dos resíduos da poda, a promoção de ações e valorização que visem o alcance com foco na sustentabilidade, foi estudado a possibilidade de criar a “Oficina Ecológica”.

A oficina Ecológica será uma marcenaria municipal a qual utilizará as madeiras provenientes da poda urbana como matéria-prima principal no desenvolvimento de suas atividades, como cursos de aprendizagem, artesanais e na fabricação de diversas peças e abordando o tripé da sustentabilidade e a qualidade ambiental.

7 OFICINA ECOLÓGICA

A Oficina Ecológica terá a função de contribuir com o meio ambiente da cidade de forma sustentável, será participativa na redução dos resíduos da poda urbana e do seu manejo. Será uma marcenaria que aproveitará os recursos do então “lixo verde”.

Foi estudada como forma de minimização dos resíduos da poda, a criação da Oficina Ecológica, levando-se em consideração as pesquisas realizadas, os modelos de reaproveitamento na ativa em outros municípios, a quantidade de resíduos da poda

gerado no município e as espécies arbóreas existentes na arborização local, assim como o já reaproveitamento de parte dos resíduos em compostagem.

A Oficina Ecológica além de ser parte fundamental para que se possam diminuir os resíduos verdes, os funcionários marceneiros e carpinteiros poderão fabricar mobiliários urbanos, móveis para serem usados nas repartições e ambientes públicos, brinquedos, fornecer cursos de aprendizagem e artesanais com as mesmas madeiras da poda para os munícipes, para que possam conhecer, aprender a manusear e trabalhar com a madeira e tirar proveito do aprendizado para obter renda, e terem seus trabalhos expostos na Fábrica de Cultura da cidade.

Seria interessante utilizar desse material orgânico natural, como troncos, galhos juntamente com a vegetação e topografia local de parques e áreas verdes da cidade e criar espaços neutralizados, pois, esses tipos de brinquedos e mobiliários ajudam nas experiências sensoriais e motoras estimulando a criatividade das crianças, inclusive com deficiência.

A questão educação entra como forma de educação ambiental, que atuará conjuntamente ao curso de aprendizagem e artesanato. O aluno aprendiz estudará educação ambiental, o reconhecimento da matéria-prima, sua espécie arbórea e o porquê do reaproveitamento, adquirindo conscientização sustentável e ambiental.

Todavia, é fundamental que a sociedade obtenha conhecimento do aproveitamento dos resíduos da poda.

Como diz a Agenda 2030, ODS 4 – Educação de Qualidade, na sua Meta 4.7: Até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não violência, cidadania global e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável.

Através da Lei nº 6.762 de 28 de fevereiro de 2019, foi instituída em São Bernardo do Campo a Política Municipal de Educação Ambiental que no seu Capítulo I, Art.2 diz: “para efeitos desta Lei, entende-se por Educação Ambiental os processos permanentes de ensino, aprendizagem e formação nos âmbitos formal e não formal, individual e coletivo, fundamentados na reflexão crítica e inovadora, na construção de valores, saberes, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências, visando a melhoria da qualidade de vida, a conscientização da importância da preservação e

conservação do meio ambiente e a uma relação sustentável da sociedade humana com o ambiente que integra”.

Então, para a proposta de gestão do reaproveitamento dos resíduos da poda, a vinculação dessa política ambiental será a articulação na ação socioambiental das necessidades locais. É importante o sensibilizar de todos os setores ao projeto e dentro de visões antropológicas, trazer a comunidade para as ações participativas.

Vários aspectos que fazem parte da viabilidade do projeto foram estudados. São aspectos importantes que visam de forma prioritária o início do plano de gestão para que assim haja a funcionalidade e o bom desempenho da Oficina Ecológica.

Levando em consideração que o CRP é o local que recebe todo o material para compostagem e o material de porte maior, de reaproveitamento, e está em um terreno municipal, com área de aproximadamente 60.900,00 m² (figura 3), visando a questão de manejo dos materiais e economia, a sugestão é que a Oficina Ecológica seja implantada no mesmo local, pois absorve todos esses fatores.

Inclusive, no CRP existe um galpão (figura 4), que pode ser reformado para se adequar às necessidades de funcionamento. A Oficina Ecológica, estando na mesma localidade onde se desenvolve a compostagem, poderá ser o elemento prático da educação ambiental.

Figura 3: Localização do CRP, bairro Batistini, SBC.



Fonte: [google.com/maps/place-imagens](https://www.google.com/maps/place-imagens) 2021/Airbus, Maxar Technologies, 04/2021.

Figura 4: Galpão de beneficiamento do composto orgânico, CRP



Fonte: arquivo pessoal, 02/2021.

Quanto ao processo de triturar o material para a compostagem, a renovação como forma de reduzir o material no caminhão e equilibrar o manejo durante o percurso até o CRP, o uso de triturador com acoplador, que é acoplado na carroceria do caminhão, e no mesmo local da poda já é efetuado a trituração, gerando menos trajeto de caminhão dos serviços da poda pela cidade, pois, uma vez que é triturado no local, pode haver diminuição no volume e com isso aumentar a capacidade de adicionar mais quantidade de material na carroceria e quando chegar ao CRP é só ser pesado e destinado para a decomposição.

O material orgânico proveniente da capinagem e da roçada (capins, folhas, cascas, plantas daninhas) das áreas verdes do município, como forma de minimizar os resíduos, logo que tudo que é gerado é manejado junto com os resíduos da limpeza urbana para o aterro sanitário, poderá ser utilizado como cobertura morta na proteção do solo da arborização. Essa matéria orgânica é rica em nutrientes, se decompõe facilmente e melhora a qualidade do solo e da planta.

Centralizar o funcionamento das atividades é um recurso na gestão para diminuir o tráfego do manejo dos resíduos e gerar economia ao município, reduzindo gastos com despesas veiculares que fazem essas operações, valorizando o insumo verde, a economia e direcionando o município para o caminho melhor ambientalmente e que possa assim ser direcionar ao caminho de uma cidade sustentável.

7 SUGESTÕES DE APLICAÇÃO COM OS RESÍDUOS DA PODA

Este tópico tem como objetivo apresentar como e de que forma os resíduos da poda podem ser reaproveitados.

Na busca por novos paradigmas de sustentabilidade, o reaproveitamento dos resíduos verdes, cuja matéria-prima é riquíssima e podendo ser usada das mais diversas formas, é a contribuição para o fortalecimento da minimização dos resíduos da poda urbana, objetivando o fomento com a transformação da matéria que seria descartada desafortunadamente, com a criação de produtos sustentáveis e que possam ser contemplados de forma a valorizar o resíduo orgânico.

A aplicação dos resíduos da poda no desenvolvimento e execução dos vários tipos de produtos através da Oficina Ecológica incentiva o comprometimento da gestão pública para com a sociedade, a educação ambiental e a sustentabilidade.

O reaproveitamento dos resíduos orgânicos em forma de móveis, objetos, brinquedos, mobiliários urbanos, entre outros produtos, é o despertar para a conscientização de práticas e ações sustentáveis, é a reconfiguração da gestão dos resíduos verdes, criando-se os recursos e possibilidades econômicas, sociais, educacionais e ambientais.

Seguem abaixo sugestões de reaproveitamento dos resíduos da poda.

Figura 5: Bancos fabricados com tronco de árvores.



Fonte: br.pinterest.com, dreamstime.com

Figura 6: Brinquedos urbanos feitos de tronco de árvore



Fonte: www.laoengenharia.com.br

Figura 7: Brinquedos feitos de madeira



Fonte: br.pinterest.com, www.vaicomtudo.com, www.soloinfantil.com

Figura 8: Objetos feitos de galhos e troncos de árvore.



Fonte: br.pinterest.com

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É indiscutível a importância da arborização no contexto da cidade, para todas as qualidades de vida e para o meio ambiente. As pessoas vão para as ruas, querem ver árvores, e as árvores fazem parte do cenário urbano, mas não tem conhecimento do custo da gestão arbórea e o conteúdo que a poda urbana oferece. Permeiar o mitigar junto a educação ambiental é preciso para sensibilizar e conscientizar desse insumo verde.

O conceito deste projeto visa à valorização do material orgânico e a reversão do desperdício dessa matéria-prima a partir da poda urbana em ações com produtividade sustentáveis. A ideia é somar o cooperar coletivo para o melhor tratamento de recuperação dos resíduos da poda pela reciclagem e reaproveitamento.

As diretrizes das políticas públicas se fazem essenciais em todas as intervenções municipais para se colher resultados satisfatórios. É importante gerar eficiência, e a atualização de condutores instrumentais que através de tantos meios existentes, inclusive tecnológicos atuarão de forma a fortalecer a arborização urbana.

No desenvolvimento do projeto verificou-se a necessidade de implantar uma gestão articulada ao desenvolvimento sustentável, com um sistema integrado direcionado ao tripé da sustentabilidade, mas evidenciando estruturas básicas para a disponibilidade de concretização.

A gestão de reaproveitamento dos resíduos da poda urbana para São Bernardo do Campo, através da Oficina Ecológica, é uma contribuição para a preservação do urbano e do meio ambiente, é um dispositivo na valorização do resíduo verde.

É o despertar do olhar para os resíduos da poda, para o que pode ser transformado e reaproveitado, é criar paradigmas que mesmo com diferentes visões possam gerar conhecimentos e atitudes na busca de minimizar os resíduos.

Não adianta existirem leis se não houver ações e mudanças de postura, pois é com erros e acertos, mas trabalhando para encontrar soluções e ações.

São necessários esforços, resiliência e conscientização por parte do poder público e da sociedade em geral quanto aos benefícios e vantagens que a utilização do insumo da poda traz ambientalmente, social e economicamente.

REFERÊNCIAS

AGENDA 2030. Plataforma de ação para acompanhar a implementação da Agenda 2030 no Brasil. Disponível em: <www.agenda2030.org.br/sobre>. Acesso em 04/2021.

BARRICHELO, L.E.G.; BRITO, J.O. Química da Madeira. Piracicaba, 1985. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1985. MAPA. 125p.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305/2010. Disponível em: <planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/12305.html>. Acesso em 03/2021.

BUCKERIDGE, M. Árvores Urbanas em São Paulo: Planejamento, economia e água. Estudos Avançados 29 (84). São Paulo, 2015.

CHALUPPE, M.A.C. Análise da Implantação do Projeto “Valorização dos Resíduos Sólidos Orgânicos no Município de Florianópolis Através do Beneficiamento dos Resíduos de Poda”. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

MEIRA, A.M. Gestão de Resíduos da arborização urbana. Tese: (Doutorado em Ciências. Área de concentração: Recursos Florestais com opção em tecnologia de produtos florestais)- Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2010

NOLASCO, A.M. Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta- Tabebuia cassinoides (LAM.) DC.: Caracterização e perspectivas. São Carlos, 2000, 171p. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. A mata atlântica em São Bernardo do Campo. Disponível em:

<<https://www.saobernardo.sp.gov.br/web/sma/a-mata-atlantica-em-sao-bernardo-do-campo>>. Acesso em 02/2021.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Arborização Urbana em São Bernardo do Campo. Disponível em:

<www.saobernardo.sp.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_pmode=view&_101_sturt_action=%2fasset_publisher%2Fview_contenet&101_returnToFul...> Acesso 01/2021.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Caracterização Ambiental do município de São Bernardo do Campo. São Bernardo do Campo, 2019.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Bernardo do Campo. São Bernardo do Campo, 2015.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Plano Municipal de Resíduos Sólidos do Município de São Bernardo do Campo. São Bernardo do Campo, 2010.

PREFEITURA DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. Política Municipal de Educação Ambiental. Disponível em: <saobernardo.sp.gov.br/web/sma/politica-municipal-de-educacao-ambiental>. Acesso em 04/2021.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Programa de aproveitamento de madeira de poda de árvore. Lei 14.723 de 2008. Disponível em: <prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretaria/upload/chamadas/apresentacao_pampa_1310139173.pdf>. Acesso em 03/2021.

SÃO PAULO. Política Estadual de Resíduos Sólidos. Lei 12.300/2006. Disponível em: <al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2006-12300-16-03-2006.html>. Acesso em 02/2021.

SILVA FILHO, D.F. Videografia Aérea Multiespectral em Silvicultura Urbana. Ambiência Guarapuava, PR. Edição Especial, v.2 p. 55 - 68, Abr. 2006.

Capítulo 5

**REÚSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS
DOS FILTROS DA ESTAÇÃO DE
TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA NO
DISTRITO DE IARA – BARRO – CE**

Lindamar Bezerra da Silva

Cícera Cilene Bezerra Moreira

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

Abraão Evangelista Sampaio

Juliana Filgueira de Oliveira

Renato de Sousa Silva

Marília Cristina Campêlo Caminha

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Jane Paulino Pereira

Daniel Salgado Pifano

**REÚSO DAS ÁGUAS DE LAVAGENS DOS FILTROS DA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ÁGUA – ETA NO DISTRITO DE IARA –
BARRO – CE**

Lindamar Bezerra da Silva

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;
lindabezerrabrasiliano@gmail.com*

Cícera Cilene Bezerra Moreira

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos;
cilenemoreira1984@gmail.com*

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos; alynegessick@gmail.com*

Abraão Evangelista Sampaio

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Mestrado em Gestão dos Recursos Hídricos; abraaoes@hotmail.com*

Juliana Filgueira de Oliveira

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Bacharelado em Engenharia Ambiental; filgueiras.juliana@gmail.com*

Renato de Sousa Silva

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Bacharelado em Administração; renatosppce0206@gmail.com*

Marília Cristina Campêlo Caminha

*Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE.
Tecnóloga em Gestão Ambiental; marilia.caminha@cagece.com.br*

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Educação; alaideregiasena.nery@gmail.com

Jane Paulino Pereira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFCE.

Mestrado em Teologia; janepaulino2@gmail.com

Daniel Salgado Pifano

Universidade Federal do Vale do São Francisco–UNIVASF.

Doutorado em Engenharia Florestal; daniel.pifano@univasf.edu.br

RESUMO

O gerenciamento de resíduos gerados em Estações de Tratamento de Água - ETA é objeto de diversos estudos, e sua disposição de maneira indiscriminada constitui um grande passivo ambiental. Dentre os resíduos gerados se destaca a água empregada nos processos de limpeza dos filtros que, muitas vezes, é lançada indiscriminadamente no meio ambiente. Este trabalho refere-se ao desenvolvimento e avaliação do desempenho de um sistema de reuso de água de lavagem de filtros de ETAs seguido de um sistema de desidratação de lodo. O tratamento de resíduos praticado pelas empresas de saneamento mostra que é necessária a constante busca por melhores resultados. A conscientização acerca do potencial poluidor desses aportes faz com que se busquem alternativas para o tratamento e destinação final correta. Neste contexto, estão os efluentes originários da ETA do distrito de Iara – Barro - CE, cujos rejeitos gerados nas lavagens dos filtros estão sendo lançados em terreno particular localizado ao lado do sistema de tratamento. A proposta de solução refere-se à construção de uma Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados (ETRG), leitos drenantes para tratar a água de lavagens dos filtros, reaproveitando no ciclo inicial do processo de tratamento, visando à redução na vazão da água de abastecimento humano. Além disso, objetiva-se, também, tratar o lodo e dar destino final adequado. Portanto, com a construção da ETRG espera-se resolver o problema do descarte inadequado e reduzir a vazão da água bruta, que vem do manancial, através do reaproveitamento da água das lavagens dos filtros, bem como atender uma condicionante da SEMACE para renovação da Licença de Operação de Água e atender uma determinação da Agência Reguladora – ARCE em relação ao tratamento do lodo e de um destino adequado para o mesmo.

Palavras-chave: Reuso de Água. Tratamento de Rejeitos. Lodo de ETA.

ABSTRACT

The management of waste generated in Water Treatment Stations - ETA is the object of several studies, and its indiscriminate disposal constitutes a great environmental liability. Among the waste generated, the water used in the cleaning processes of the filters stands out, which is often indiscriminately released into the environment. This

work refers to the development and performance evaluation of a water reuse system for washing ETA's filters followed by a sludge dehydration system. The waste treatment practiced by sanitation companies shows that the constant search for better results is necessary. The awareness about the polluting potential of these inputs makes us seek alternatives for the treatment and correct final destination. In this context, there are the effluents originating from the WTP in the district of Iara - Barro - CE, whose tailings generated in the washing of filters are being released on private land located next to the treatment system. The proposed solution refers to the construction of a Generated Tailings Treatment Station (ETRG), drainage beds to treat the water from washing filters, reusing it in the initial cycle of the treatment process, aiming at reducing the flow of supply water. human. In addition, the objective is also to treat the sludge and provide a suitable final destination. Therefore, with the construction of the ETRG, it is expected to solve the problem of inadequate disposal and reduce the flow of raw water, which comes from the source, by reusing the water from the washing of the filters, as well as meeting a condition of SEMACE for renewal of the License of Operation of Water and comply with a determination of the Regulatory Agency - ARCE in relation to the treatment of the sludge and a suitable destination for the same.

Keywords: Water Reuse. Tailings Treatment. ETA sludge.

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental é um conjunto de medidas e ações que visa prover o sustento para a humanidade, promovendo também o desenvolvimento econômico, levando em consideração a preservação do meio ambiente e a redução dos níveis de poluição ambiental. As ações ideais não são compostas apenas de atitude de grandes portes, é necessário avaliar todos os níveis de processos produtivos de consumo, sob a visão da sustentabilidade ambiental (PAIVA E PARREIRA, 2012).

As Estações de Tratamento de Águas - ETA de ciclo completo possuem as seguintes etapas: sistema de coagulação - mistura rápida, floculação - mistura lenta, decantação - sedimentação, filtração e desinfecção. Processos que consistem na adição de coagulante, como policloreto de alumínio e auxiliar de coagulação o polímero floculante em pó que auxiliarão na formação dos flocos com densidade suficiente para sedimentar na decantação e os flocos que não foram removidos serão retidos na filtração (SILVA et al., 2008).

O bom funcionamento do sistema de tratamento de água depende da lavagem de filtros, que deve ser realizada quando este estiver colmatado (sujo). Os Filtros Rápidos, que são utilizados em grande parte das ETAs convencionais, normalmente são lavados uma a duas vezes por dia, por meio da injeção ascendente de água, com

velocidade controlada para proporcionar a expansão do meio filtrante, importante na remoção dos resíduos. Com a lavagem dos filtros haverá um grande descarte de resíduos gerados, que poderá ser em mananciais, ou até mesmo nas redes pluviais. “Uma forma de evitar o descarte inadequado da Água de Lavagem de Filtros (ALAF) seria o reaproveitamento no próprio tratamento” (Di BERNARDO, 1999).

“A recuperação da ALAF não é feita somente para eliminar o problema dos impactos ambientais causados pela descarga no corpo receptor, mas, também, para eficiência energética” (FONTANA, 2004).

“Já que, existe uma escassez crescente de mananciais em condições adequadas para serem captados” (SILVA et al., 2008).

Nesse sentido, este estudo, refere-se ao reuso das águas de lavagens dos filtros da estação de tratamento de água – ETA no distrito de Iara – CE e, também ao tratamento do lodo com destinação final adequada.

PROBLEMA

Uma das questões mais discutidas na atualidade é a sustentabilidade ambiental. Os recursos hídricos, fundamentais para a vida no planeta vem sofrendo, nas últimas décadas, impactos negativos em sua quantidade e qualidade. No aspecto qualitativo, um dos desafios refere-se a problemática do lodo como rejeito das Estações de Tratamento de Água (ETAs) que, na maioria das vezes, não oferece procedimento adequado, chegando a ser lançado no solo e/ou cursos d'água sem nenhum tratamento.

No entanto, com o crescimento da consciência ecológica e o surgimento das leis reguladoras dos destinos adequados de resíduos, surgem as oportunidades para implementação de novas tecnologias de tratamento, desidratação e secagem do lodo das ETAs. Uma vez que, com o crescimento da população mundial e o respectivo aumento das demandas, elevou-se consideravelmente a produção de resíduos, necessitando de uma quantidade maior de produtos químicos para se atingir os padrões de potabilidade da água. Os rejeitos das ETAs são constituídos por substâncias com potencial poluidor e é de difícil manejo e reaproveitamento.

Neste contexto, estão os efluentes originários da ETA do distrito de Iara, município de Barro - CE, ou seja, os rejeitos gerados das lavagens dos filtros lançados em terreno particular que se localiza ao lado da área da Estação. Mensalmente são realizadas coletas e análises do efluente lançado no terreno, para medir o seu

potencial poluidor e minimizar a possibilidade de ocorrência de impacto ambiental. Posteriormente, já realizadas as análises, geram-se laudos e esses são encaminhados à Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE.

A literatura propõe a desidratação antes do descarte do referido resíduo, atentando-se que, quanto maior for sua secagem melhor será seu processamento e manejo. Este processo, quando desenvolvido de maneira adequada de tratamento/destinação, demanda dificuldades inerentes às necessidades ecológicas e social. No entanto, proporcionam êxito no reuso das águas de lavagens dos filtros.

JUSTIFICATIVA

A adoção de medidas que estejam em harmonia com a sustentabilidade ambiental não pode se restringir ao mero cumprimento dos ordenamentos legais. O tratamento de resíduos, praticado pelas empresas de saneamento mostra que é necessária a constante busca por melhores resultados.

A conscientização acerca do potencial poluidor dos resíduos das ETAs faz com que se busquem alternativas para o tratamento e destinação final correta. A redução da produção de lodo, o aumento de sua concentração, a reutilização da água da lavagem dos filtros, o melhor aproveitamento das lagoas de secagem, a não contaminação dos cursos d'água e a destinação adequada do lodo, são alguns dos benefícios alcançados com o tratamento deste resíduo, que cooperam com a preservação do meio ambiente.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Construir uma Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados (ETRG), caracterizando o efluente líquido descartável da ETA no distrito de Iara, localizada no município de Barro - CE, das lavagens dos filtros com vistas ao reuso no início do processo de tratamento de água, para abastecimento público, identificando-se, assim, oportunidades para redução da captação no manancial que atende à demanda da população.

Objetivos Específicos:

- Coletar e realizar as análises da qualidade dos rejeitos gerados na lavagem dos filtros;

- Destinar para um tanque e tratar o efluente das lavagens dos filtros;
- Bombear a água tratada do tanque para a fase inicial do tratamento, câmara de mistura rápida;
- Coletar e tratar o lodo do tanque em leitos drenantes, realizar a calagem e dar destino final.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Descrição da Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na ETA do distrito de Iara – Barro - CE. A área de estudo é de aproximadamente 1.500m². A cidade do Barro foi emancipada em 1951. Antes dessa data, era distrito do município de Milagres. Sua renda está voltada para a agricultura, principalmente para o cultivo do milho, feijão, algodão e frutas tropicais.

A cidade de Barro - CE tem uma área de 709,655km², e uma população habitacional de 20.474, estatística de 2006, Densidade de 28,9 hab.km² (IBGE, 2010). O município é bem-dotado de recursos hídricos e o seu maior reservatório de água é o açude Prazeres com capacidade de 32.000,00 m³. O açude fica localizado no vale de Cuncas. O riacho Cuncas tem uma extensão de aproximadamente 40,0 km, desde a jusante do açude Prazeres até o rio Salgado em Aurora.

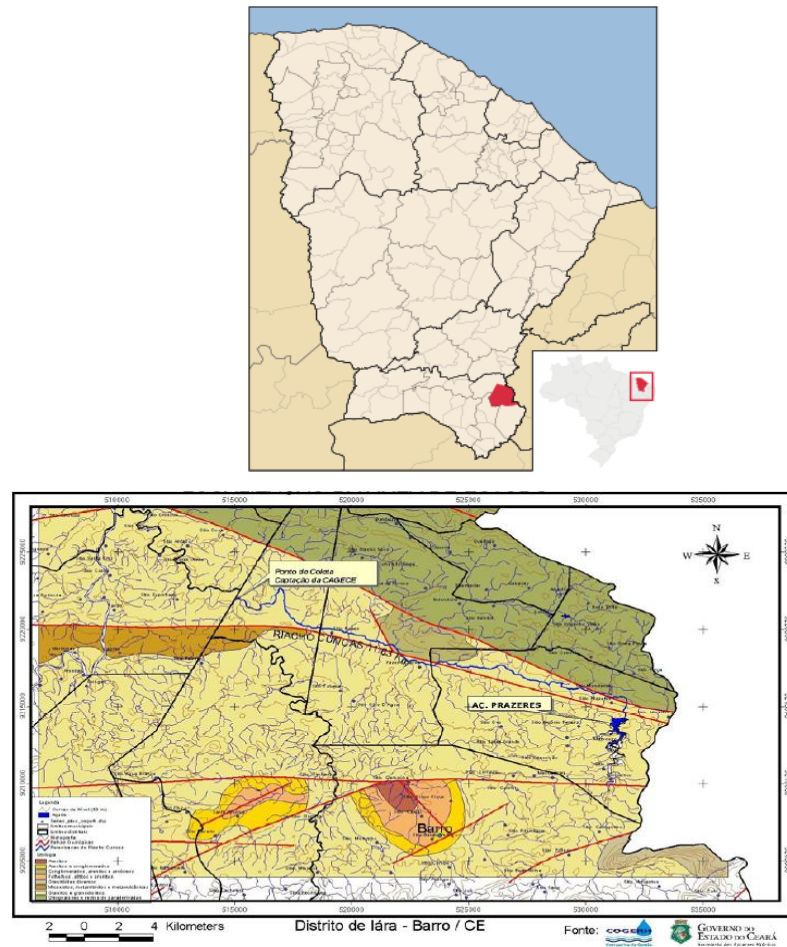


Figura 1: Localização da Área de Pesquisa. Fonte: COGERH.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Previamente foi realizado um levantamento do estado da arte objetivando não apenas perscrutar os estudos já realizados sobre o reuso das águas de lavagens dos filtros em ETAs, mas também elaborar um projeto e construir uma Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados (ETRG) na ETA do distrito de Iara – Barro – CE. E com isto, entender uma condicionante da Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará - SEMACE para liberação da Licença de Operação do Sistema de Água e ao cumprimento de uma determinação da ARCE – Agência Reguladora do Estado do Ceará.

Em seguida foi elaborado um projeto com orçamento de uma ETRG, visando tratar essa água pós-lavagem dos filtros e, posteriormente, redirecioná-la para uma nova recirculação na estação de tratamento.

A coleta de dados ocorreu no distrito de Iara, localizado a 13 km da cidade de Barro - CE, através de visitas em campo, para a elaboração do projeto e orçamento da ETRG para coleta de amostras de análises Físico-Química e Bacteriológica do efluente dos filtros, identificando parâmetros deste lançados no meio ambiente e

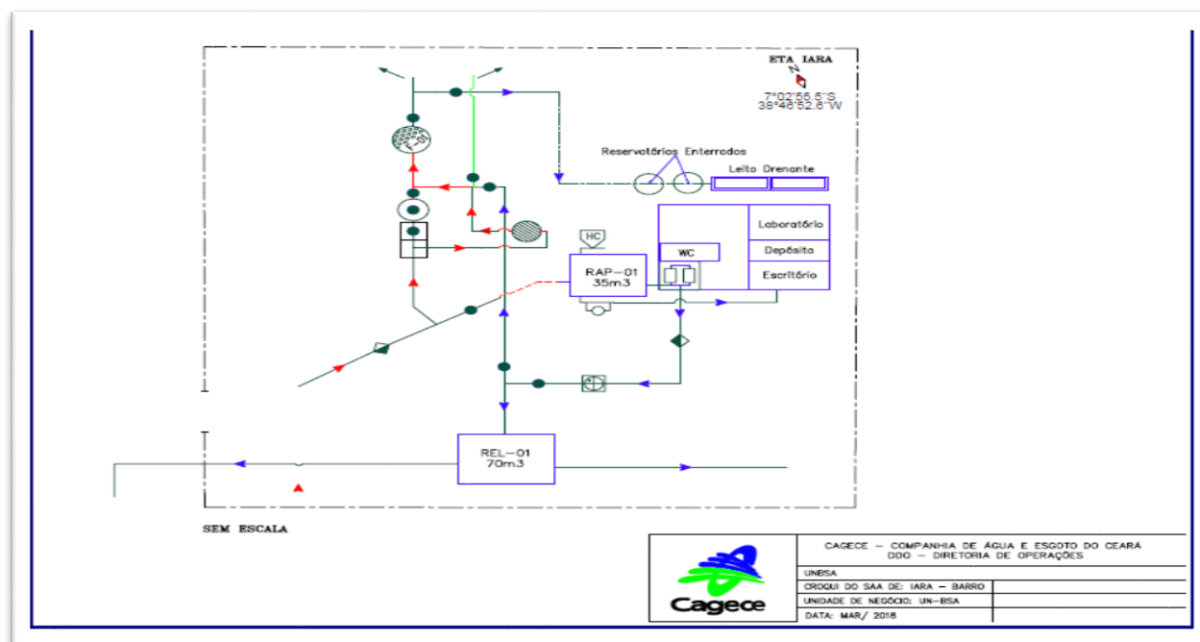


Figura 2: Croquis da ETA e ETRG. Fonte: CAGECE.

realizando “Jar Test” para calcular a dosagem e concentração do Polímero floculante, utilizados na ETRG para tratamento do efluente das lavagens cálculo da vazão e altura da bomba dosadora que aplicará o polímero. As amostras foram coletadas por técnicos da área do controle da qualidade da Unidade da CAGECE – UN BSA e as análises foram realizadas pelo Laboratório Central da CAGECE em Fortaleza - CE. Segue abaixo Croqui da ETA com a Estação de Tratamento de Rejeitos Gerados – ETRG.

ANÁLISE DOS DADOS

Há uma necessidade de se ter manutenção nos recursos naturais de modo mais rigoroso, e o reuso da água de lavagem dos filtros de uma ETA é uma maneira sustentável de tentar amenizar o desperdício de água. No Brasil existe uma pequena porcentagem de ETAs que tratam seus resíduos gerados, e na maioria das vezes esses rejeitos são lançados nos corpos d'água ou solo sem nenhum tratamento (FONTANA, 2004).

Estes resíduos são constituídos de fase sólida e fase líquida, sendo que a água livre da fase líquida presente no lodo pode representar quantidade suficiente para um possível reaproveitamento, enquanto que, a fase sólida, é muito complexa e com diferentes tamanhos de partículas que podem dificultar a remoção dos resíduos dessa água.

Uma forma de reuso seria tornar essa água potável, própria para o consumo humano, definição dada pela Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde/MS, água potável é a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido pela legislação vigente e que não ofereça riscos à saúde. Para atingir a potabilidade necessária da água coletada nos mananciais é necessário remover as partículas presentes nela, que são as impurezas coloidais e em suspensão, que conferem propriedades, cor e turbidez da água, que são alguns dos parâmetros que apresentam valores a serem seguidos pela legislação vigente.

Existem formas de separar o sólido da água, e um desses tratamentos é através de leitos de drenagem. Segundo (CORDEIRO, 1993; CORDEIRO, 2001), a utilização de manta geotêxtil na composição da camada filtrante do leito, possibilita a remoção mais efetiva da água livre dos lodos.

Para a implantação de leitos drenantes exige-se pequenas áreas e elas podem apresentar um desempenho melhor para a desidratação do lodo e uma maior vida útil (CORDEIRO, 2001; ACHON e CORDEIRO, 2003). Em comparação ao sistema de Leito de Secagem, apresenta um menor tempo de drenagem (CORDEIRO, 2001). O lodo obtido a partir da aplicação deste método apresenta grande concentração de sólidos, o que é importante para sua disposição final. Além disso, o lodo de ETA quando desidratado apresenta inúmeras possibilidades de reutilização como a fabricação de cimento de tijolos e plantação de cítricos, reduzindo a necessidade da disposição em aterro em grandes volumes. Os rejeitos da ETA é um composto capaz de provocar poluição por conter, principalmente, os elementos químicos usados na potabilização da água.

A destinação inadequada das águas de lavagens dos filtros e demais resíduos gerados nas Estações de Tratamento de Água são fatores preocupantes devido ao tipo de prática realizada por muitas ETAs brasileiras. Pois, os mesmos contaminam o meio ambiente e prejudicam a qualidade das águas, comprometendo mananciais e águas superficiais e geram um grande desperdício, reduzindo, conseqüentemente, o lucro das empresas. Com a construção da ETRG espera-se resolver o problema do

descarte inadequado e reduzir a vazão da água bruta que vem do manancial, através do reaproveitamento da água das lavagens dos filtros.

A tecnologia sugerida é viável ao reuso da água de lavagem de filtro, desde que sejam observadas algumas considerações:

- A eficiência dos filtros;
- O monitoramento constante das dosagens de produtos químicos observando os períodos climatológicos da região;
- A determinação das quantidades de água que poderão ser reintroduzidas no processo inicial de forma a não comprometer a eficiência do tratamento;
- Monitoramento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos.

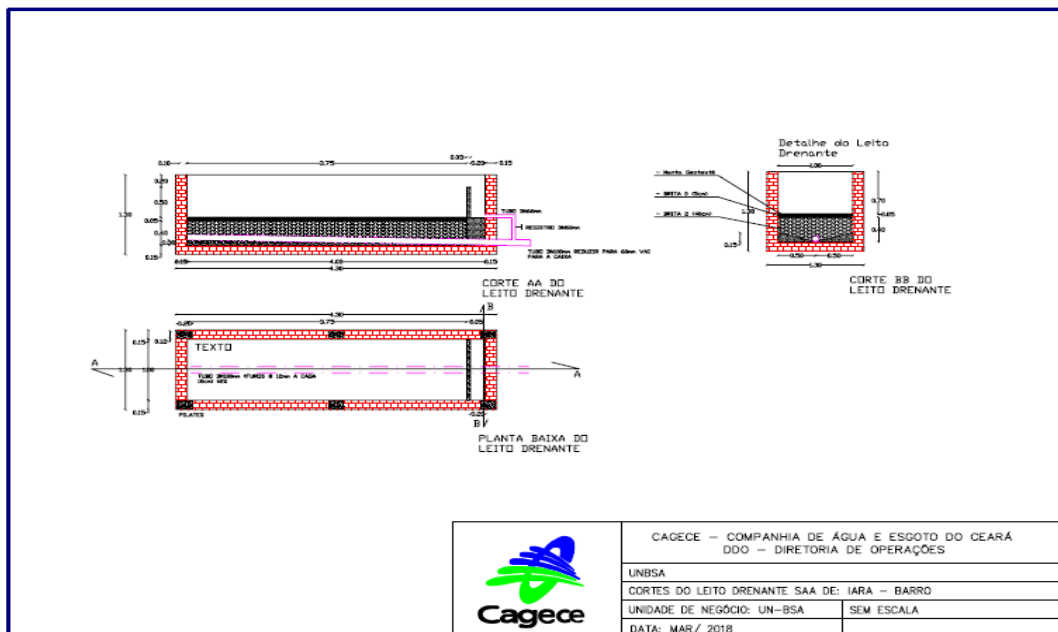


Figura 9: Planta Baixa e Corte da ETRG - Leitos Drenantes. Fonte: CAGECE.

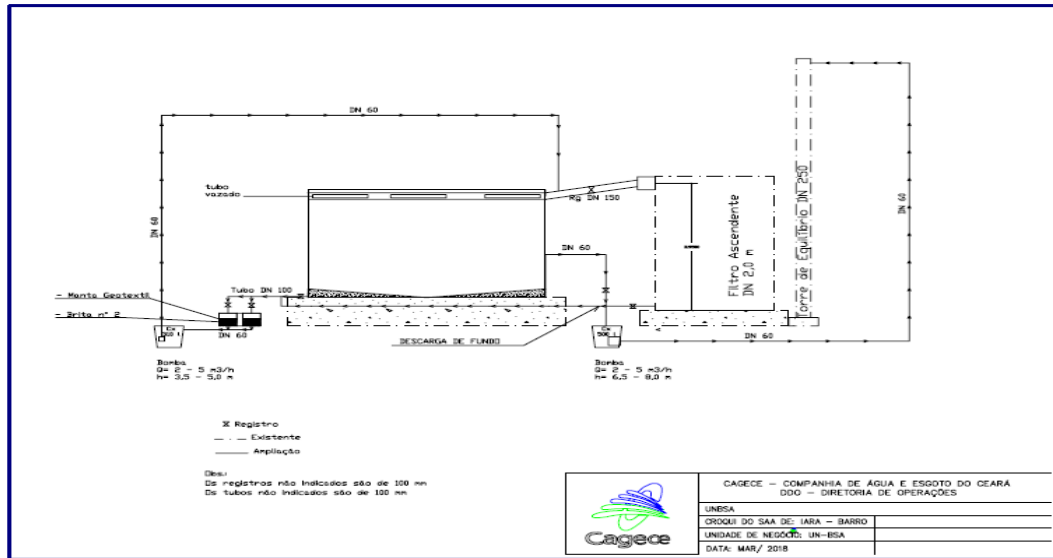


Figura 10: Planta Baixa e Corte da ETRG - Leitos Drenantes. Fonte: CAGECE.

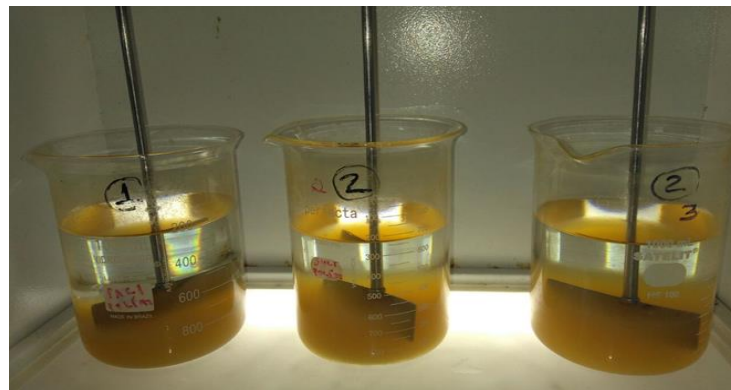


Figura 11: Jar test realizado. Fonte: CAGECE.

Dosagem encontrada do Polímero Catiônico em pó = 3,0ppm, nos ensaios de dosagem através do Jar test.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas ETAs, assim como em outras indústrias, as responsabilidades deixaram de estar relacionadas exclusivamente à produção do produto final, no caso, água potável. Atualmente, passou-se a dar uma maior atenção aos resíduos gerados, dadas as atuais restrições legais do lançamento in natura dos lodos de ETAs em corpos d'água, embora esta ainda seja a alternativa mais adotada em território nacional.

Portanto, vários estudos estão sendo realizados com o objetivo de propiciar o tratamento e a destinação adequada deste resíduo, com a perspectiva de até mesmo

de reaproveitá-lo, assim, transformá-lo de rejeito em recurso, sendo para isso, considerados aspectos técnicos, econômicos, ambientais, legais, sociais e culturais. Baseado nos princípios da sustentabilidade é importante que as ETAs busquem meios para destinar o lodo para reaproveitamento. Desta maneira, minimizaria os impactos ambientais causados pelos mesmos, não prejudicando o meio ambiente.

É válido ressaltar, nesse contexto, que para a aplicação efetiva destas alternativas são necessárias análises e estudos específicos para cada lodo gerado em diferentes unidades de tratamento, e também é indispensável o controle de qualidade dos produtos finais. Propõe-se assim, assegurar que o lodo seja utilizado com profissionalismo e responsabilidade, contribuindo com a preservação ambiental.

O presente trabalho terá como resultado principal a proposição e avaliação de desempenho de um sistema para tratamento e aproveitamento da água de lavagem dos filtros da ETA do distrito de Iara – Barro - CE. A implantação dos leitos drenantes permite atestar sua eficiência, tanto no reaproveitamento da água quanto no desaguamento do lodo proveniente dessa água. Enfim, tudo isso conscientiza-nos de que quando se pensa em reuso da água, redução de gasto e proteção do meio ambiente, é necessário entender que várias medidas sustentáveis são necessárias, tais como: reaproveitamento, despoluição, economia e preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

Avaliação da qualidade da água de lavagem de filtros e de Decantadores da Estação de Tratamento de Água Bom Jardim em Uberlândia. **Energia e Ambiente** – ABES – RS. Disponível em: <www.abes.rs.org.br/qualidade2014/trabalhos/id876.pdf>. Acessado em: 23 de mar. 2018.

Avaliação dos sistemas de reutilização da água de lavagem dos filtros. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria.** Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/download/14057/pdf>>. Acessado em: 24 de mar. 2018.

CORDEIRO, João Sergio. Processamento de Lodos de Estações de tratamento de água (ETA). In: FINEP, CNPq, CEF. (Org.). Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final. Rio de Janeiro: **RIMA-ABES**, v.1, pp.119-142, 2001.

CORDEIRO, João Sergio. **O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de águas.** 2006. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos. 342p. 1993.

DI BERNARDO, Luiz.; SCALIZE, Paulo Sérgio; SOUZA FILHO, Antônio Gomes. Água de Lavagem de Filtros Rápidos. In: REALI, M. A. P. (coord.). Noções Gerais de Tratamento de Disposição Final de Lodos de ETA. Rio de Janeiro: **ABES / PROSAB**, 1999. p. 143-168.

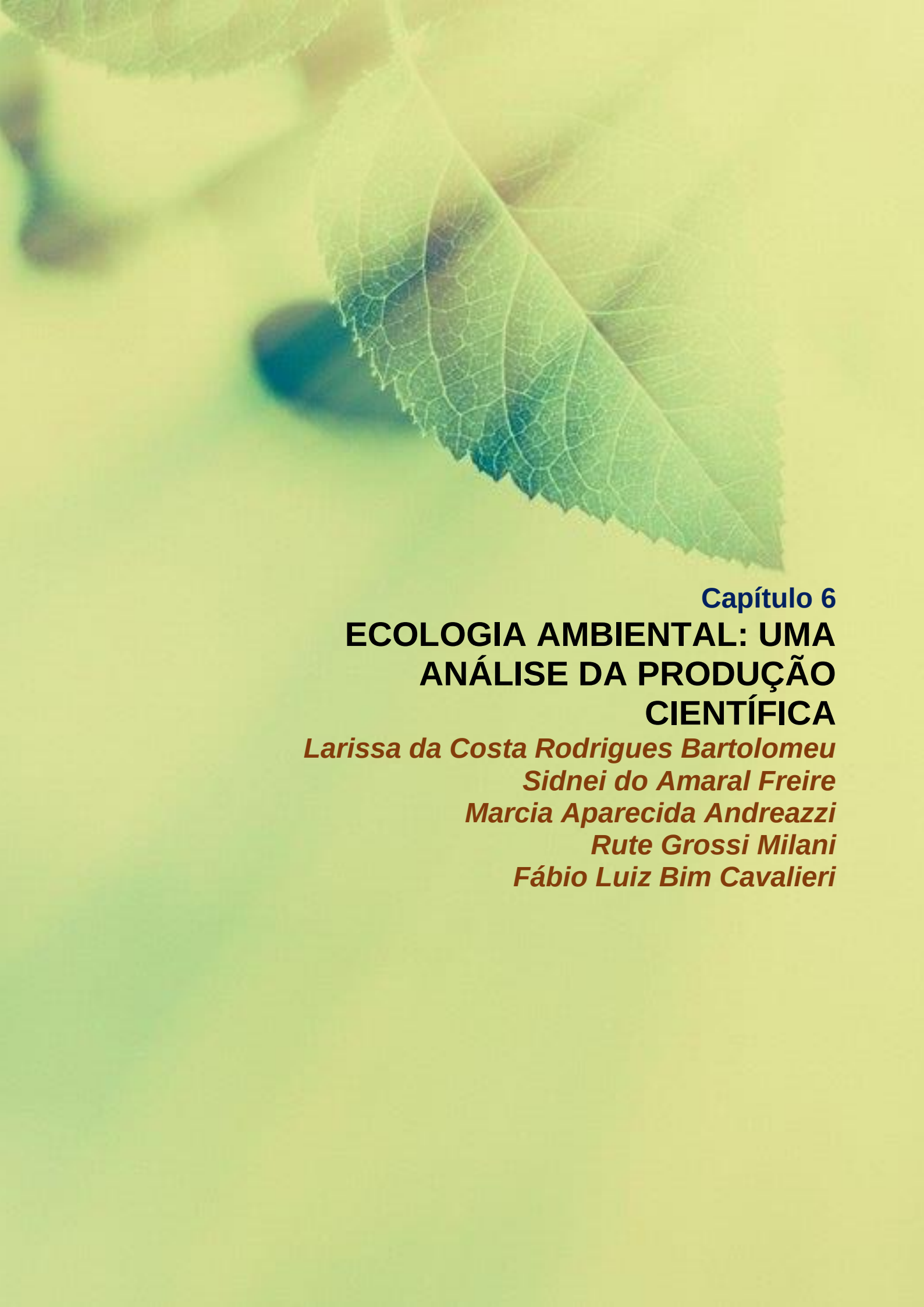
FONTANA, Antônio Osmar. **Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso**. 2004. 164 p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos – SP, 2004.

LAGUNA ACHON, Cali.; CORDEIRO, João Sergio. Gerenciamento de lodo de ETA's – Remoção de água livre através de leitos de secagem e lagoas. **22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Joinville – SC, 2003**.

Livro da Disciplina Gerenciamento de Projetos, do Curso de Especialização a Distância em Elaboração e Gerenciamento de Projetos para a Gestão Municipal de Recursos Hídricos. Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional das Águas – ANA e Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará.

PAIVA, Múccio Wellington; PARREIRA, Renato Luís Tame. **Resíduos das Estações de Tratamento de Água (ETA)**. Linguagem Acadêmica, Batatais, v.2, n. 2, p. 83-96, 2012.

SILVA, G. C. O.et al. Caracterização Quali-Quantitativa e Avaliação da Possibilidade de Reuso da Água de Lavagem dos Filtros da ETA São Sebastião, Cuiabá –MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, XV., 2008, Natal. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ABAS, 2008.



Capítulo 6

**ECOLOGIA AMBIENTAL: UMA
ANÁLISE DA PRODUÇÃO
CIENTÍFICA**

Larissa da Costa Rodrigues Bartolomeu

Sidnei do Amaral Freire

Marcia Aparecida Andreazzi

Rute Grossi Milani

Fábio Luiz Bim Cavalieri

ECOLOGIA AMBIENTAL: UMA ANÁLISE DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Larissa da Costa Rodrigues Bartolomeu

*Mestranda em Tecnologias Limpas/ Unicesumar, bolsista ICETI/ Unicesumar,
Bióloga, lary.barto@gmail.com.*

Sidnei do Amaral Freire

*Mestrando em Tecnologias Limpas/ Unicesumar, bolsista ICETI/ Unicesumar,
Biólogo, amaral.tid@gmail.com.*

Marcia Aparecida Andreazzi

*Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/ Unicesumar/ ICETI, Zootecnista
marcia.andreazzi@unicesumar.edu.br.*

Rute Grossi Milani

*Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/ Unicesumar/ ICETI, Psicóloga,
rute.milani@unicesumar.edu.br.*

Fábio Luiz Bim Cavalieri

*Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/ Unicesumar/ ICETI, Médico
Veterinário, fabio.cavalieri@unicesumar.edu.br.*

RESUMO

A cienciometria permite avaliar a importância de determinado assunto, autor e/ou trabalho e evidencia as contribuições de um determinado tema. Assim o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise cienciométrica sobre o tema ecologia ambiental, visando conhecer a situação atual das publicações sobre esse assunto. Foram levantados dados da literatura científica nacional e internacional sobre o tema na América Latina, buscando periódicos indexados na base de dados da *Scientific Eletronic Library Online* (SciELO). A busca dos artigos científicos foi realizada em julho de 2022 e foi utilizado o descritor “ecologia ambiental”. O levantamento resultou em 152 artigos, os quais foram categorizados e avaliados de forma descritiva, considerando a quantidade de artigos publicados nos últimos cinco anos, seu eixo temático, principais periódicos em que foram publicados e o estrato Qualis/ CAPES

dos periódicos. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a quantidade de publicações sobre o “ecologia ambiental” foi elevada durante os últimos 5 anos, contudo, em 2019, as discussões aumentaram (28,29%) e versaram sobre diferentes eixos, destacando-se temas como o zoologia aquática, terrestre, flora e ecologia política abordando crises ambientais, políticas e sociais (46%). Os periódicos “Ecología Austral” e “Ecología Aplicada” apresentaram maior número de publicações sobre o assunto (16,45%). Os dados mostraram que 44% das publicações são oriundas de periódicos com Qualis/ CAPES superior. Sugere-se que mais estudos sobre ecologia ambiental sejam conduzidos e seus resultados divulgados, a fim de disseminar as informações sobre esse tema tão atual e relevante.

Palavras-chave: Avaliação qualitativa; Cienciometria; Publicações científicas.

ABSTRACT

Scientometrics allows assessing the importance of a given subject, author and/or work and highlights the contributions of a given theme. Thus, the objective of this work was to carry out a scientometric analysis on the topic of environmental ecology, in order to know the current situation of publications on this subject. Data from national and international scientific literature on the subject in Latin America were collected, searching for journals indexed in the Scientific Electronic Library Online (SciELO) database. The search for scientific articles was carried out in July 2022 and the descriptor “environmental ecology” was used. The survey resulted in 152 articles, which were categorized and evaluated descriptively, considering the number of articles published in the last five years, their thematic axis, main journals in which they were published and the Qualis/CAPES stratum of the journals. Based on the results obtained, it was found that the number of publications on “environmental ecology” was high during the last 5 years, however, from 2019, the discussions increased (28.29%) and dealt with different axes, highlighting themes such as aquatic, terrestrial zoology, flora and political ecology addressing environmental, political and social crises (46%). The journals “Ecología Austral” and “Ecología Aplicada” had the highest number of publications on the subject (16.45%). The data showed that 44% of the publications come from journals with higher Qualis/ CAPES. It is suggested that more studies on environmental ecology be conducted and their results disclosed, in order to disseminate information on this very current and relevant topic.

Keywords: Qualitative evaluation; Scientometrics; Scientific publications.

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos o meio ambiente vem sofrendo ações antrópicas cada vez maiores seja pelas atividades agrícolas, desmatamento, utilização de fontes não renováveis que favorecem o aquecimento global ou mesmo pelo uso indevido dos recursos naturais.

Evidências crescentes têm sido demonstradas através da pesquisa científica e da experiência cotidiana que a estabilidade dos ecossistemas e a vida social, bem como, expectativa futura da existência humana no planeta, estão comprometidas em

função do crescimento capitalista, desigualdades sociais, culturas individualistas, competitivas e consumistas (LIMA; TORRES, 2021),

O aumento da urbanização tem resultado em perda de habitat e da biodiversidade e aumento das taxas de perturbação ambiental (SGANZERLA et al., 2021). Para a ecologia, as mais graves e adversas implicações são provenientes da urbanização acelerada e a falta de planejamento adequado, onde ocorre o aumento das áreas construídas, tendo como consequências a redução das áreas compostas por vegetação natural, regiões com áreas úmidas, corpos d'água e terras disponíveis para a agricultura (SILVA; LONGO, 2020).

Assim, dada à importância do necessário cuidado com o meio ambiente, várias ações e projetos são conduzidos em nível mundial, como é o caso da Agenda 2030. Dentre os projetos dessa Agenda, estão os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), e vários deles evidenciam esses cuidados, como exemplos citamos a necessidade de assegurar a todos a disponibilidade de água e saneamento, acesso à energia, crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, proteção e recuperação dos ecossistemas terrestres, gestão correta de florestas, combate a desertificação, ações para deter e reverter a degradação da terra e a perda de biodiversidade (UNESCO, 2015).

Diante desse cenário, verifica-se a necessária reflexão sobre a importância da ecologia ambiental e das mudanças no comportamento e na forma de pensar dos indivíduos, buscando fomentar as relações pessoa-ambiente e a busca por um estilo de vida sustentável, conectivo e pró-ambiental. Para sustentar essa reflexão, é preciso conhecer e estudar os materiais científicos publicados. Uma forma de estudo é a cienciometria, que permite avaliar a importância e as contribuições de um determinado assunto.

Assim o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise cienciométrica sobre o tema ecologia ambiental, visando compreender o panorama atual das publicações científicas sobre esse tema imperativo.

METODOLOGIA

O presente trabalho consistiu de um estudo cienciométrico de literatura científica sobre o tema "ecologia ambiental". O objeto de análise foi a produção científica veiculada em periódicos indexados nos bancos de dados da *Scientific*

Eletronic Library Online (SciELO), disponível na Biblioteca Virtual por meio do site <http://www.scielo.org>. A presente pesquisa foi realizada conforme recomendações metodológicas de Schubert (1989) para estudo cienciométrico.

A busca dos artigos científicos foi realizada em julho de 2022 e foi utilizado o descritor “ecologia ambiental”. O processo de busca permitiu a identificação de 158 artigos científicos que, após o refinamento e análise quanto à duplicidade e aderência ao escopo da pesquisa, resultou em 152 artigos científicos, que compuseram o corpus da análise da pesquisa.

Os artigos foram analisados e após, foram coletadas as informações: ano de publicação do artigo científico, que permitiu obter o número de artigos publicados nos últimos cinco anos (2017 a 2021), eixo temático central da pesquisa, principal periódico das publicações e a classificação do periódico segundo, o critério Qualis/CAPES na área de Ciência Ambientais.

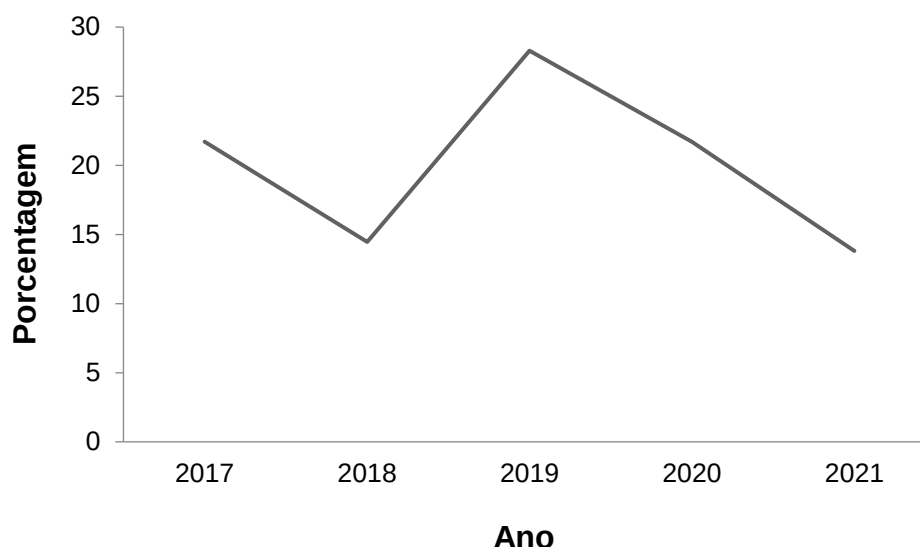
Os dados foram tabulados e organizados em planilha eletrônica (Microsoft Excel 2016) e foi empregada análise descritiva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A evolução da quantidade de artigos publicados sobre o tema ecologia ambiental mostrou um maior número de publicações no ano de 2019 (28,29%) (Figura 1).

A análise evidenciou que as pesquisas apresentaram uma ampla variedade de objetivos, contudo, os principais temas das publicações versaram sobre Zoologia aquática, terrestre e flora juntamente com ecologia política, crise ambiental, política e social que juntos totalizaram 46% das publicações (Tabela 1).

Figura 1. Porcentagem de artigos científicos publicados sobre ecologia ambiental, a cada ano, entre os anos de 2017 e 2021 (n:152).



FONTE: Autor (2022)

Tabela 1. Porcentagem de artigos científicos publicados sobre “Ecologia Ambiental”, analisados entre os anos de 2017 e 2021, de acordo com o eixo temático (n:152)

Eixo temático	Quantidade (n)	Porcentagem (%)
1. Zoologia aquática, terrestre e flora	45	29,6
2. Ecologia política, crise ambiental, política social e políticas públicas	25	16,4
3. Ecologia urbana, rural e do solo	13	8,5
4. Educação ambiental e ecoturismo	12	7,9
5. Relação homem:ambiente	12	7,9
6. Ecologia da paisagem, ecologia geográfica e geológica	12	7,9
7. Recursos Hídricos	11	7,2
8. Conservação, alteração, degradação em ecossistemas e impacto ambiental	7	4,6
9. Ecofeminismo e ecologia de crenças	6	4,0
10. Qualidade ambiental, poluição da água, do solo e do ar	6	4,0
11. Práticas sustentáveis e gestão de resíduos	2	1,4
12. Segurança alimentar	1	0,7
TOTAL	152	100

FONTE: Autor (2022)

No eixo temático zoologia aquática, aponta-se como exemplo o estudo sobre a estrutura de peixes e de macroinvertebrados em rios tributários da bacia do rio Biobío, no Chile, em que os autores informaram que os rios estudados apresentam condições ambientais adequadas nos cursos d'água com alta riqueza e diversidade de maroinvertebrados e peixes (SANDOVAL et al., 2021).

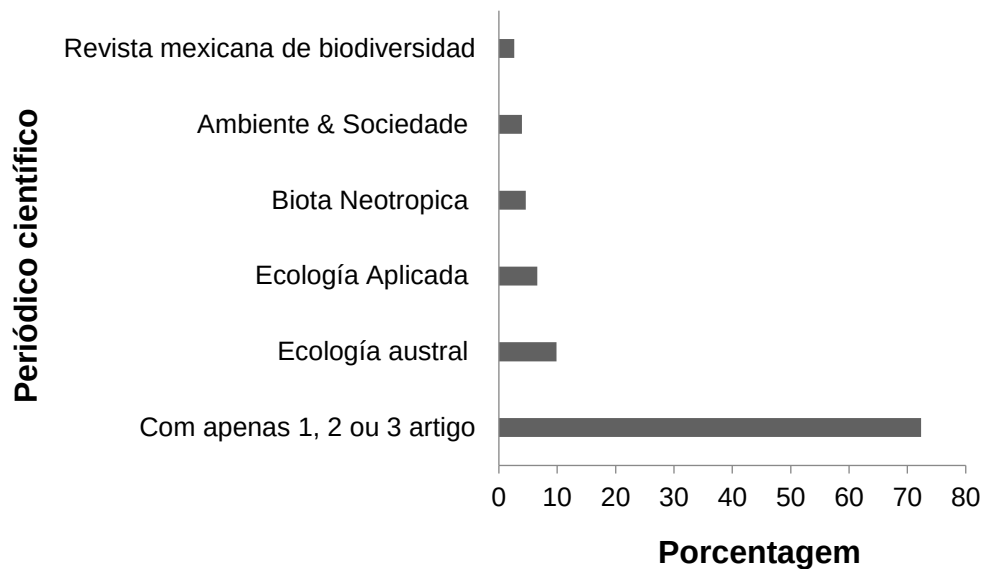
Para zoologia terrestre, citamos o estudo de Calaça et al. (2018). Os pesquisadores coletaram amostras, durante 15 anos e registraram 72 espécies de mamíferos de pequenos, médios e grande porte na floresta amazônica. Os autores enfatizaram que esse ambiente é importante para a manutenção das espécies, já que é o local das maiores riquezas de mamíferos do mundo.

Para flora, verificou-se o estudo com o objetivo de determinar a sustentabilidade e a caracterização do cultivo de brócolis na província de Canta, Lima, Peru. Andrade Alvarado (2017) elaborou indicadores aos sistemas produtivos de estudo quanto ao tipo econômico, social e ecológico e concluiu, após análise dos pontos críticos, que não existe sustentabilidade nas fazendas de brócolis estudadas.

Com relação ao eixo “ecologia política” foi possível observar diversas linhas de pesquisas como crises políticas, ambientais e sociais. No artigo “*La crisis del sistema de la vida. Reflexiones para una ecología política de la esperanza*”, Luca e Lezama (2021) ressaltam que a crise sanitária é expressão de outras crises que a cercam como, a crise ambiental, social, da civilização ocidental e do sistema de vida. Colocam ainda que quando pensamos como um todo, entendemos essa crise e conseguimos construir propostas de justiça, convivência solidária entre humanos e não humanos. Apresentando o termo Ecologia Política da Esperança os autores concluem que a crise abre possibilidades para a construção de futuros alternativos. Araújo e Oliveira (2017) colocam que a ecologia política busca uma nova racionalidade ambiental e tem desenvolvido conceitos e metodologias para investigar a relação entre economia e conflitos sócioecológicos.

Sobre os principais periódicos que publicaram sobre o tema (Figura 2), observou-se que o periódico “Ecologia Austral”, uma revista da Associação Argentina da Ecologia e Ciências Ambientais, deteve 9,87% das publicações, seguido do periódico “Ecologia Aplicada”, uma revista Científica Peruana, com 6,58%. Revistas que publicaram somente 1, 2 ou 3 artigos sobre o assunto, totalizaram 72,37% das publicações.

Figura 2. Periódicos científicos com maior porcentagem de artigos sobre “Ecologia Ambiental”, analisados entre os anos de 2017 e 2021 (n:152)



FONTE: Autor (2022)

A classificação das revistas de acordo com a classificação Qualis, estabelecida Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação do Ministério de Educação e Cultura (MEC), na área de Ciências Ambientais, mostrou que 44% dos artigos científicos sobre o tema ecologia ambiental são oriundos de periódicos científicos classificados em estratos superiores (A2 e B1) (Tabela 2).

Tabela 2. Porcentagem de artigos científicos publicados sobre “Ecologia Ambiental”, analisados entre os anos de 2017 e 2021, de acordo com o eixo temático (n:152)

Qualis	Total de artigos	Porcentagem (%)
A2	20	13
B1	47	31
B2	4	3
Sem Qualis	81	53
TOTAL	152	100

FONTE: Autor (2022)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de publicações científicas sobre o tema “Ecologia ambiental” durante os últimos 5 anos, foi mediana, com destaque para 2019. As discussões compreenderam diferentes eixos temáticos, mas os temas como zoologia aquática e terrestre, flora e ecologia política englobando nela crises ambientais, políticas e sociais se evidenciaram.

A maioria dos artigos foi publicada nos periódicos “Ecologia Austral” e “Ecologia Aplicada”. Considerando o critério qualis/ CAPES, os artigos analisados demonstraram elevado rigor científico.

Sugere-se que mais estudos sobre ecologia ambiental sejam conduzidos e seus resultados divulgados, a fim de disseminar as informações sobre esse tema tão atual e relevante.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Cesumar de Ciência, Tecnologia e Inovação (ICETI/UNICESUMAR) pelo apoio financeiro na forma de bolsas de estudo.

REFERÊNCIAS

ANDRADE ALVARADO, C. K. Análisis sustentable de las fincas de brócoli (*Brassica oleracea L. var. italica*) en Santa Rosa de Quives, Lima, Perú. **Ecología Aplicada**, v.16, n.2, p.135 – 142, 2017;

ARAÚJO, I. M. M.D.; OLIVEIRA, Â.G.R.C. Interfaces entre a saúde coletiva e a ecologia política: vulnerabilização, território e metabolismo social. **Saúde em Debate**, v.41, n.2, p.276 - 286, 2017;

CALAÇA, A., et al. Mammals of the Saracá-Taquera National Forest, northwestern Pará, Brazil. **Biota Neotropica**, v.18, n.4, 2018;

LIMA, G.F.C; TORRES, M.B.R. Uma educação para o fim do mundo? Os desafios socioambientais contemporâneos e o papel da Educação Ambiental em contextos escolarizados. **Educar em Revista**, v.37, 2021;

LUCA, A.D; LEZAMA, J.L. La crisis del sistema de la vida. Reflexiones para una ecología política de la esperanza. **Revista mexicana de ciencias políticas y sociales**, v.66, n.242, p.475 - 499, 2021;

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO A CIÊNCIA E A CULTURA - UNESCO – **Agenda de Desenvolvimento pós-2015 - UNESCO e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/post-2015-development-agenda/>>, acessado em 08 de dezembro de 2022.

SANDOVAL, N. et al. Caracterización de los ensambles de macroinvertebrados y peces en ríos tributarios al río Biobío: Su importancia como zonas prioritarias para la conservación. **Gayana (Concepción)**, v.85, n.2, p.103 - 131, 2021;

SCHUBERT, A.; GLANZEL, W.; BRAUN, T. Scientometric datafiles: a comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields 1981-1985. **Scientometrics**, n.16, p. 3-478, 1989;

SGANZERLA, C. et al. Effects of urbanization on the fauna of Odonata on the coast of southern Brazil. **Biota Neotropica**, v.21, n.1, 2021;

SILVA, A.L; LONGO, R.M. Ecologia da paisagem e qualidade ambiental de remanescentes florestais na sub-bacia hidrográfica do Rio Atibaia dentro do município de Campinas-SP. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 4, p. 1176-1191, 2020;



AUTORES

Abraão Evangelista Sampaio

Mestrado em Gestão dos Recursos Hídricos.

Alaíde Régia Sena Nery de Oliveira

Mestrado em Educação.

Alyne Gessick Pinheiro da Silva Lima

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Cassiane Ramos Barbosa

Engenheira Ambiental, Sanitarista e de Segurança do Trabalho,
cassianerbarbosa@gmail.com

Cícera Cilene Bezerra Moreira

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Daniel Salgado Pifano

Doutorado em Engenharia Florestal.

Fábio Luiz Bim Cavaliere

Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/Unicesumar/ICETI, Médico.

Jane Paulino Pereira

Mestrado em Teologia.

Juliana Filgueira de Oliveira

Bacharelado em Engenharia Ambiental.

Larissa da Costa Rodrigues Bartolomeu

Mestranda em Tecnologias Limpas/Unicesumar, bolsista ICETI/Unicesumar, Bióloga.

Leda Maria de Almeida Nelo

Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Cidades Inteligentes e Sustentáveis pela Universidade Nove de Julho/SP, Especialista em Cidades Inteligentes e Sustentáveis

pela Universidade Nove de Julho / SP., Especialista em Arborização Urbana pela Universidade Federal de São Paulo, Especialista em Gestão e Auditoria Ambiental pela Universidade do Norte do Paraná.

Lindamar Bezerra da Silva

Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Marcia Aparecida Andreazzi

Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/Unicesumar/ICETI, Zootecnista.

Marília Cristina Campêlo Caminha

Tecnóloga em Gestão Ambiental.

Nádia Teresinha Schröder

Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária e do Mestrado em Promoção da Saúde da ULBRA, Bióloga, nadia.schroder@ulbra.br

Renata Faria Oliveira

Docente do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da ULBRA, Engenheira Química, renata@rebambiental.com.br

Renato de Sousa Silva

Bacharelado em Administração.

Rute Grossi Milani

Docente do Mestrado em Tecnologias Limpas/Unicesumar/ICETI, Psicóloga.

Sidnei do Amaral Freire

Mestrando em Tecnologias Limpas/Unicesumar, bolsista ICETI/Unicesumar.

ISBN 978-658459991-8

