

Organizadores:
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira
Jéssica Mansur Siqueira Furtado

O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

DESAFIOS E SOLUÇÕES
PARA A SUSTENTABILIDADE

3

Organizadores:
Leonardo França da Silva
Victor Crespo de Oliveira
Jéssica Mansur Siqueira Furtado

O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

DESAFIOS E SOLUÇÕES
PARA A SUSTENTABILIDADE

3

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2024 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena

Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade 3

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Leonardo França da Silva,
Jéssica Mansur Siqueira Furtado
Crusoé Víctor Crespo de Oliveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade 3 / Organizadores Leonardo França da Silva, Jéssica Mansur Siqueira Furtado Crusoé, Víctor Crespo de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2024.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-2555-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.557242205>

1. Meio ambiente. 2. Sustentabilidade. I. Silva, Leonardo França da (Organizador). II. Crusoé, Jéssica Mansur Siqueira Furtado (Organizadora). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Com grande satisfação que apresentamos o ebook “O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade 3”. Este trabalho representa uma colaboração dedicada para explorar e promover o conhecimento sobre questões ambientais, reunindo especialistas e pesquisadores de diversas áreas correlatas.

Nosso objetivo é impulsionar a discussão e disseminação de conhecimentos sobre os desafios ambientais contemporâneos e as soluções possíveis para promover a sustentabilidade. Acreditamos que, ao unir diferentes perspectivas e expertise, podemos enfrentar os complexos desafios que enfrentamos em relação ao meio ambiente e ao nosso futuro coletivo.

Expressamos nossa profunda gratidão a todos os colaboradores que contribuíram com suas pesquisas e experiências para a realização desta obra significativa. Reconhecemos a importância da divulgação científica e valorizamos a oportunidade proporcionada pela Editora Atenas como uma plataforma facilitadora para compartilhar o conhecimento científico no campo da sustentabilidade ambiental.

Estamos comprometidos em aumentar a conscientização sobre as tendências emergentes e os desafios urgentes em relação ao meio ambiente, bem como em oferecer soluções inovadoras para promover um futuro mais sustentável e resiliente para as gerações futuras.

Esperamos que este ebook estimule a interconexão entre diferentes áreas de estudo relacionadas ao meio ambiente e contribua para o desenvolvimento de práticas mais conscientes e sustentáveis em nossa sociedade. Agradecemos a todos por se unirem a nós nesta jornada de descobertas e aprendizado.

Aproveite a leitura!

Leonardo França da Silva
Jéssica Mansur Siqueira Furtado
Víctor Crespo de Oliveira

CAPÍTULO 1 1

EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE FORMA TRANSVERSAL E INTEGRADORA: O DOCUMENTO ORIENTADOR PARA ABORDAGEM DO TEMA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Patrícia Rodrigues da Silva


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422051>

CAPÍTULO 2 3

MEIO AMBIENTE, SURDIDADE E INCLUSÃO EDUCACIONAL: CRIAÇÃO DE SINAIS EM LIBRAS VINCULADOS AO TEMA DA ARBORIZAÇÃO – GOIOERÊ (PR)

Sherley José Donaris Colombani Macedo

Felipe Fontana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422052>

CAPÍTULO 3 14

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO ESG NAS MINERADORAS

Ana Carolina Lisboa Bastos

Alcides Eloy Cano Nuñez

Erwin Tochtrop

Gerson Ferreira da Silva

Hugo Leonardo Oliveira Tomaz de Aquino

Jennifer de Souza Bezerra

Jonatas Franco Campos da Mata


Leandro de Vilhena Costa

Leonardo Marini Storani

Marcos Vinicius Agapito Mendes

Paulo Elias Carneiro Pereira

Ricardo Alves da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422053>

CAPÍTULO 426

COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ: ENTRE A CONTAMINAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE

Sara Priscila Teles

Bruno Martins Gurgatz

Ariane Maria Basilio Pigosso

Leandro Angelo Pereira

Liliani Marília Tiepolo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422054>

CAPÍTULO 544

PRELIMINARY DIAGNOSIS OF AGROFORESTRY BACKYARDS IN THE COMMUNITY OF CARUARU, MOSQUEIRO ISLAND, BELÉM-PA

Antônio Pereira Júnior

Carlos José Capela Bispo

Elan Cristina Melo Lemos

Sayda Suely Santos Antônio Rosa
 Breno Pinto Raiol
 Jéssica Herzorg Viana
 Ana Claudia Caldeira Tavares Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422055>

CAPÍTULO 653

OS BENEFÍCIOS DO IPTU VERDE

Natália Carolina Castanheira Celes Mello

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422056>

CAPÍTULO 769

POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA GERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS EM ZONAS URBANAS E SEUS IMPACTOS NA SUSTENTABILIDADE

Wagner França Aquino

Simone Aquino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422057>

CAPÍTULO 888

REDUÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA ALTERNATIVA PARA O ALTO CUSTO NA SUA DISPOSIÇÃO FINAL


Geovanna Rafaela Pasuch Hauenstein

Daniel Colombari Filho

Julia Couri Trevizan

Ricardo Bortoletto Santos

Isadora Alves Lovo Ismail

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422058>

CAPÍTULO 998

AGROTÓXICOS EM ASCENSÃO: AUMENTO NO NÚMERO DE REGISTROS IMPULSIONA O USO DE MICROBIOLÓGICOS NO BRASIL

Roberta Barreto dos Santos

Maira Nascimento Batistello

Edineia da Silva Araújo

Juliana Stracieri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5572422059>

CAPÍTULO 10..... 108


TRATAMENTO DE PERCOLADO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA REVISÃO NA LITERATURA




Camila Maria Alves da Silva

Mauro César de Brito Sousa

Ana Carolina Chaves Fortes

Bruna de Freitas Iwata

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55724220510>

CAPÍTULO 11	123
AS PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL A PARTIR DOS CONCEITOS DE SAÚDE ÚNICA E AFRO-DIASPÓRICOS	
Julianne Caju de Oliveira Souza Moraes	
Ivoneides Maria Batista do Amaral	
Benedito Dielcio Moreira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55724220511	
CAPÍTULO 12.....	138
O MARCO REGULATÓRIO DA PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES AMBIENTAIS COM DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO NO MAR	
Acir Alves Coelho Junior	
Therezinha maria Novais de Oliveira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55724220512	
CAPÍTULO 13.....	153
VITAMINA D3 E SEUS METABÓLITOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS: REVISÃO	
Jessica Mansur Siqueira Crusoé	
Leonardo França da Silva	
Genelício Crusoé Rocha	
Leonardo Fonseca Faria	
Victor Crespo de Oliveira	
Matheus Faria Souza	
Diego de Ávila Martins Braga	
Denis Medina Guedes	
Michael Bergsten Eliphelete Rodrigues Barbosa	
Cauã Fraga	
Pedro Arthur Rezende Aguiar Moura	
Juarez Lopes Donzele	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55724220513	
SOBRE OS ORGANIZADORES	160
ÍNDICE REMISSIVO	161

EDUCAÇÃO AMBIENTAL DE FORMA TRANSVERSAL E INTEGRADORA: O DOCUMENTO ORIENTADOR PARA ABORDAGEM DO TEMA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Data de aceite: 02/05/2024

Patrícia Rodrigues da Silva

Professora Doutora, Faculdades Pequeno Príncipe (FPP), Brasil

RESUMO: O objetivo deste resumo é evidenciar, por meio de uma pesquisa documental, qualitativa, o “Caderno Meio Ambiente”, documento de referência do Ministério da Educação (MEC), por meio da Secretaria de Educação Básica (SEB) e demais parceiros, publicado em julho de 2022 para abordar os temas: Educação Ambiental e Educação para o Consumo nas etapas da Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. O Caderno é um documento complementar à BNCC – Base Nacional Comum Curricular, este, documento obrigatório na concepção dos novos currículos da Educação Básica, e foi criado para auxiliar gestores educacionais e equipes pedagógicas na implementação de práticas que promovam aprendizagem significativa, para trabalhar de forma transversal e integradora temas que visam à formação cidadã e integral, a partir de conteúdos tratados nas escolas. A análise do Caderno revela uma apresentação histórica dos Temas Transversais na

Educação Básica, bem como a legislação que os fundamenta. O documento faz uma relação com a BNCC, no que diz respeito ao tema Meio Ambiente e apresenta sugestões e possibilidades para que sejam trabalhados os seus principais conceitos e objetivos, articulando os componentes curriculares e as áreas de conhecimento. A relevância do documento também reside na possibilidade de se tornar um instrumento de grande valor para o desenvolvimento de programas de formação e capacitação de professores, educadores e gestores educacionais, bem como ser utilizado para a análise e estudos críticos sobre o desenvolvimento do tema na formação básica dos estudantes e a sua implementação pelas redes de ensino da Educação Básica.

PALAVRAS-CHAVE: Meio Ambiente. Educação Ambiental. Educação Básica.

ENVIRONMENTAL EDUCATION IN A TRANSVERSAL AND INTEGRATIVE WAY: THE GUIDING DOCUMENT FOR APPROACHING THE THEME IN BASIC EDUCATION

ABSTRACT: The objective of this summary is to highlight, through a documentary, qualitative research, of the “Caderno Meio

Ambiente”, a reference document of the Ministry of Education (MEC), through the Secretariat of Basic Education (SEB) and other partners, published in July 2022 to address the themes: Environmental Education and Education for Consumption in the stages of Early Childhood Education, Elementary Education and High School. The Caderno is a complementary document to the BNCC – National Common Curricular Base, this document is mandatory in the design of new Basic Education curricula and was created to assist educational managers and pedagogical teams in the implementation of practices that promote meaningful learning, to work across the board. and integrative themes aimed at citizenship and comprehensive education, based on content dealt with in schools. Analysis of the Caderno reveals a historical presentation of Transversal Themes in Basic Education, as well as the legislation that underlies them. The document makes a connection with the BNCC, with regard to the Environment theme and presents suggestions and possibilities for working on its main concepts and objectives, articulating the curricular components and the areas of knowledge. The relevance of the document also resides in the possibility of becoming an instrument of great value for the development of training and qualification programs for teachers, educators and educational managers, as well as being used for analysis and critical studies on the development of the theme in training of students and its implementation by the Basic Education teaching networks.

KEYWORDS: Environment. Environmental education. Basic education.

LA EDUCACIÓN AMBIENTAL DE MANERA TRANSVERSAL E INTEGRADORA: EL DOCUMENTO GUÍA PARA EL ABORDAJE DEL TEMA EN LA EDUCACIÓN BÁSICA

RESUMEN: El propósito de este resumen es resaltar, a través de una investigación cualitativa documental, el “Caderno Meio Ambiente”, documento de referencia del Ministerio de Educación (MEC), a través de la Secretaría de Educación Básica (SEB) y otros socios. , publicado en julio de 2022 para abordar los temas: Educación Ambiental y Educación para el Consumo en las etapas de Educación Infantil, Educación Básica y Bachillerato. El Cuaderno es un documento complementario a la BNCC – Base Curricular Común Nacional, este documento es obligatorio en el diseño de nuevos currículos de Educación Básica y fue creado para auxiliar a los gestores educativos y equipos pedagógicos en la implementación de prácticas que promuevan aprendizajes significativos, para trabajar transversalmente. el tablero y temas integradores dirigidos a la ciudadanía y la formación integral, a partir de contenidos tratados en las escuelas. El análisis del Cuaderno revela una presentación histórica de los Temas Transversales en la Educación Básica, así como la legislación que los sustenta. El documento hace una conexión con la BNCC, en lo que se refiere a la temática Medio Ambiente y presenta sugerencias y posibilidades para trabajar sus principales conceptos y objetivos, articulando los componentes curriculares y las áreas de conocimiento. La relevancia del documento también reside en la posibilidad de convertirse en un instrumento de gran valor para el desarrollo de programas de formación y calificación de profesores, educadores y gestores educativos, así como ser utilizado para análisis y estudios críticos sobre el desarrollo del tema en formación de los estudiantes y su implementación por parte de las redes docentes de Educación Básica.

PALABRAS-CLAVE: Medio ambiente. Educación ambiental. Educación básica.

CAPÍTULO 2

MEIO AMBIENTE, SURDIDADE E INCLUSÃO EDUCACIONAL: CRIAÇÃO DE SINAIS EM LIBRAS VINCULADOS AO TEMA DA ARBORIZAÇÃO – GOIOERÊ (PR)

Data de aceite: 02/05/2024

**Sherley José Donaris Colombani
Macedo**

Universidade Estadual de Maringá.
Associada ProfCiAmb

Felipe Fontana

Universidade Estadual de Maringá.
Associada ProfCiAmb

INTRODUÇÃO

A década de 1990 marca a comunidade surda na sua reconfiguração como um movimento social capaz de pressionar legisladores em prol do reconhecimento das suas diferenças linguísticas e culturais, requisitando assim políticas públicas inclusivas ligadas à inserção educacional, política, econômica, cultural e social dos surdos, surgindo a educação bilíngue que envolve duas línguas no contexto educacional: a Libras como primeira língua dos estudantes surdos e a língua portuguesa na modalidade escrita como a segunda. Destacamos a Libras conforme o Artigo 1º da Lei nº 10.436 de 24 de abril de 2002:

Entende-se como Língua Brasileira de Sinais – Libras – a forma de comunicação e expressão, em que o sistema linguístico de natureza visual-motora, com estrutura gramatical própria, constitui um sistema linguístico de transmissão de ideias e fatos, oriundos de comunidades de pessoas surdas do Brasil¹.

RESUMO: Este artigo objetiva sistematizar alguns saberes acerca da educação bilíngue atrelada à educação ambiental. A pesquisa surgiu a partir de situações profissionais vivenciadas com estudantes surdos de uma escola pública no município de Goioerê (PR). Sendo assim, caracterizaremos, bibliograficamente, 1. os princípios básicos sobre a surdez, Língua Brasileira de Sinais e a surdidade; 2. os fundamentos legais e históricos dos surdos e a proposta educacional na educação de surdos; e 3. a educação ambiental, a legislação ambiental brasileira e o tema arborização urbana. Após uma pesquisa diagnóstica em campo com alunos surdos, buscamos produzir um repositório de palavras – um dicionário online – em Libras afeto ao tema “arborização urbana”, com os respectivos sinais pesquisados sobre a temática proposta.

PALAVRAS-CHAVE: surdos; educação ambiental; arborização urbana/florestas urbanas.

¹ Brasil, Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002.

Sendo assim, a língua de sinais é concebida como visual-espacial e proporciona aos linguistas estudos e análises referentes aos seus respectivos elementos linguísticos, sendo marcada pela luta de uma sociedade fundamentada em princípios democráticos e pela consolidação dos direitos humanos, tendo “uma gramática própria e se apresenta estruturada em todos os níveis, como as línguas orais: fonológico, morfológico, sintático e semântico”².

Desse modo, a língua de sinais não é universal. As variações linguísticas se apresentam dentro da língua de sinais como ocorre na linguagem oral auditiva, devido à nacionalidade, à regionalidade e à cultura: residem aqui os aspectos “regionalizados” que serão destacados por nós durante a pesquisa. Um exemplo claro são os nomes conferidos à *Manihot esculenta*. Essa planta, no Nordeste brasileiro, é nominada de macaxeira; já no Sul e no Sudeste do Brasil, denomina-se mandioca e, no Centro-Oeste e no Norte do país, chama-se de aipim. Da mesma forma que uma planta comestível resguarda essa polivalência em termos de nomenclaturas na língua portuguesa, o mesmo pode ocorrer com as espécies de árvores de Goioerê (PR) na Libras, que, nessa região do Brasil, é nomeada pelos surdos (isso quando essas plantas possuem uma denominação).

Diante disso, propomos uma educação ambiental vinculada à educação bilíngue dos alunos surdos, oportunizando, conforme o Artigo 225 da Constituição da República Federativa do Brasil, que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”³. Desafio proposto para que no futuro possam viver em harmonia em sua Terra, identificando e conhecendo práticas que contribuam para minimizar os problemas ambientais locais e para a conservação do ambiente, comprometendo o desenvolvimento sustentável. Afinal, precisa-se nominar aquilo que se pretende conservar. No caso dos surdos, é necessário nomear, em Libras, aquilo que se pretende conservar.

Junto disso, visamos identificar subsídios teórico-conceituais para pensar essa relação entre a educação bilíngue e a educação ambiental, atreladas aos arbóreos e conceitos básicos vinculados às ciências ambientais. Sabemos que a arborização urbana exerce inúmeras funções ambientais e socioambientais, entre elas, a manutenção e a ampliação das áreas verdes urbanas, a proteção de diversas espécies da fauna, o bem-estar e a qualidade de vida das populações das cidades; segundo o *Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana*, a “[...] Arborização Urbana, também chamada de Florestas Urbanas, inclui os diversos espaços no tecido urbano passíveis de serem trabalhados com o elemento árvore, tais como: arborização de ruas, praça, parque, jardim, canteiro central de ruas e avenidas e margens de corpos d’água”⁴.

2 A. Gesser, *Libras?: Que Língua é Essa? Crenças e Preconceitos em Torno da Língua de Sinais e da Realidade Surda*, 2009.

3 Brasil, *Constituição da República Federativa do Brasil*, 1988.

4 A. Barcellos, *Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana*, 2012, p. 4.

Nessa direção, sabemos que a Libras é a língua usada pelos surdos; sendo assim, vale indagar: como ela pode ser inserida no acesso ao conhecimento referente à arborização existente em zonas urbanas (dimensão latente à educação ambiental)? Essa questão é pertinente à busca de possíveis soluções, e a ideia deste projeto de pesquisa surgiu em decorrência da prática pedagógica com alunos surdos da escola pública do município de Goioerê (PR), percebendo que eles não assimilaram a diversidade de espécies de árvores existentes em seu município tal como os alunos ouvintes.

Desse modo, as atividades interligadas a este projeto buscam auxiliar na consolidação de tais benefícios e na construção de uma consciência ambiental inclusiva, reconhecendo e respeitando as diferenças, determinando assim à Libras um grande papel na comunicação de maneira a viabilizar a interação e tornando os alunos supracitados agentes participativos e transformadores de sua realidade. Dessa forma, propomos a criação de sinais em Libras para denominar um conjunto de árvores no município de Goioerê que ainda não possuem um sinal formal ou regionalizado.

Todavia, a operacionalização deste estudo vincula-se a diferentes processos e etapas, quais sejam: delimitação de um referencial bibliográfico; delimitação de objetivos de investigação; construção de uma metodologia de pesquisa e confecção de um produto educacional. Este estudo de mestrado liga-se ao eixo estruturante: ambiente e sociedade – (i) epistemologias, diversidades e formação humana e (ii) escolas sustentáveis. Além disso, ele está correlacionado aos seguintes Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

- ODS 4: 4.1 – Até 2030, garantir que todas as meninas e meninos completem o ensino primário e secundário gratuito, equitativo e de qualidade, que conduza a resultados de aprendizagem relevantes e eficazes; 4.2 – Até 2030, garantir que todas as meninas e meninos tenham acesso a um desenvolvimento de qualidade na primeira infância, cuidados e educação pré-escolar, de modo que eles estejam prontos para o ensino primário; 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.
- ODS 10: 10.2 – Até 2030, empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra; 10.3 – Garantir a igualdade de oportunidades e reduzir as desigualdades de resultados, inclusive por meio da eliminação de leis, políticas e práticas discriminatórias e da promoção de legislação, políticas e ações adequadas a este respeito.
- ODS 13: 13.2 – Integrar medidas da mudança do clima nas políticas, estratégias e planejamentos nacionais.

- ODS 15: 15.2 – Até 2020, promover a implementação da gestão sustentável de todos os tipos de florestas, deter o desmatamento, restaurar florestas degradadas e aumentar substancialmente o florestamento e o reflorestamento globalmente.
- ODS 16: 16.b – Promover e fazer cumprir leis e políticas não discriminatórias para o desenvolvimento sustentável.

Defendemos que a constituição de uma educação ambiental inclusiva junto da comunidade surda, para ser efetiva, precisa considerar aspectos regionais, metodologias e práticas educativas calcadas em processos visualizados e especializados e, por fim, uma participação ativa do aluno surdo em meio ao processo de ensino-aprendizagem.

OBJETIVOS

Objetivo geral: identificar os alunos surdos goioerenses e, junto com eles, empreender uma educação ambiental bilíngue capaz de construir sinais em Libras afetos à arborização no município, criando assim um repositório de palavras interessado na denominação, em língua espaço-visual, de espécies arbóreas-urbanas localizadas na região (produto educacional). Objetivos específicos: reconhecer os estudantes surdos de Goioerê, de modo a identificar suas particularidades e seus saberes acerca de conteúdos ligados à arborização urbana dentro um contexto ambiental; criar sinais em Libras dos tipos de árvores encontradas que não têm uma denominação já existente ou regionalizada; desenvolver um repositório (recurso digital) capaz de concentrar os resultados da pesquisa, quais sejam, as palavras/denominações em Libras construídas junto com o alunado surdo goioerense participante desta pesquisa.

METODOLOGIA

O trabalho vem sendo desenvolvido desde março de 2020, no âmbito das atividades do ProfCiAmb – Associada UEM. Uma ação ativa entre a professora bilíngue ouvinte (pesquisadora e professora dos discentes colaboradores desta pesquisa), o professor bilíngue surdo da instituição escolar participante e os estudantes surdos dos anos finais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, de maneira cooperativa e participativa, visando à verificação e à promoção de saberes ligados à arborização urbana e dos aspectos arbóreos atrelados às cidades. Diante disso, foi aplicada uma entrevista semiestruturada com o alunado já nomeado para coletar dados coadunados à complementação da construção de nossas ações, favorecendo assim as correlações entre a teoria e a prática vista em campo.

Em razão do período vivenciado, dado pela pandemia de Covid-19 e pela suspensão das aulas presenciais nas instituições de ensino do sistema estadual do Paraná, a parte aplicada de nossa pesquisa envolveu etapas de coleta de dados através da entrevista

semiestruturada por meio da plataforma Google Meet. Cabe ressaltarmos que, enquanto pesquisadora e professora bilíngue de educandos imersos na surdidade, temos a certificação da Banca Examinadora de Proficiência em Libras, ou seja, tal atividade foi empreendida por estar devidamente apta a atuar como tradutora e intérprete de Língua Brasileira de Sinais. Tendo esse resguardo, realizamos as “oficinas bilíngues” nos meses de abril a junho de 2021, no horário de funcionamento da Sala de Recursos Multifuncional – Surdez, no período vespertino – online e nas plataformas já aqui nomeadas. As aulas foram gravadas e foram realizadas *prints* das telas, para legitimidade das ações envolvendo os pesquisadores citados.

O produto educacional é um material construído visando proporcionar a inclusão social, cultural, ambiental e escolar, em particular, a educação dos surdos, respeitando a riqueza linguístico-cultural deles. Somado a isso, esse constructo visa promover a ideia da educação bilíngue com os conhecimentos das ciências ambientais. Dessa maneira, propomos nesse projeto de pesquisa um produto educacional que é o conjunto de expressões que compõe o léxico de Libras; um recurso que tem como objetivo ser um suporte adicional aos processos de ensino-aprendizagem, fazendo com que esses estudantes surdos possam assimilar e desenvolver sua capacidade de manipular os conhecimentos adquiridos, e, ao mesmo tempo, dar apoio aos professores surdos e ouvintes e aos profissionais tradutores e intérpretes de Libras.

Nossa proposta visou à construção de um dicionário online, *Arborização Urbana em Libras*, com os lexicais referentes às espécies arbóreas do município de Goioerê, trazendo verbetes correspondentes aos sinais, listados alfabeticamente. Destacamos que o dicionário será disponibilizado por meio de um link no site do Google, com acesso gratuito, oferecendo assim praticidade às pessoas surdas e ouvintes, não precisando ocupar espaço como aplicativo no celular, contribuindo para uma maior inclusão linguística de Libras (disponibilizando sinais regionais pesquisados ou criados e conceitos ambientais com suas características e importância, ou seja, informações acerca das questões ambientais e suas ilustrações).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos com a aplicação de nossa entrevista semiestruturada detectaram o não conhecimento em Libras das espécies de árvores apresentadas, conforme apresenta a figura 1, segundo as explicações dos entrevistados.

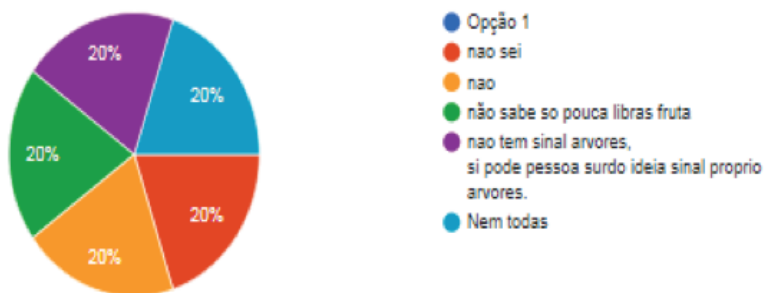


Figura 1. Conhecimento dos entrevistados surdos sobre espécies de árvores apresentadas em Libras

Fonte: elaborada pelos autores, 2021.

Em seguida aplicamos as “oficinas bilíngues”, sendo nossa estratégia educacional trabalhar as noções de sustentabilidade, coleta seletiva, recursos hídricos e vegetação. Ressaltamos que, na oficina da coleta seletiva, apresentamos a utilidade das lixeiras recicláveis coloridas e como cada uma delas indica onde colocar cada objeto: 1. azul: papel e papelão; 2. amarelo: metal; 3. vermelho: plástico; 4. verde: vidro.

Percebemos que os alunos conheciam as lixeiras citadas, porém apresentaram muitas dúvidas e desconhecimento sobre o lixo, cujo descarte inadequado pode ocasionar danos à saúde, como no caso do lixo eletrônico.



Figura 2. Reciclagem

Fonte: elaborada pelos autores, 2021.

Justificamos que, ao final das referidas oficinas, sensibilizamos acerca da criação do sinal do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais em Libras neste município associado proponente da pesquisa.



Figura 3. Sinal de ProfCiAmb em Libras no município de Goioerê (PR)

Fonte: ProfCiAmb, 2021. Acervo das autoras.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando toda a trajetória apresentada, o nosso projeto de pesquisa é importante por proporcionar às pessoas surdas o acesso aos conhecimentos das ciências ambientais. Sabemos que a acessibilidade está amparada na Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015, em seu Artigo 3º, inciso I:

I – acessibilidade: possibilidade e condição de alcance para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como de outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privados de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida⁵.

Diante do exposto, é visível que a comunicação utilizada pelos proponentes da pesquisa também se faz necessária pelo uso das tecnologias que corroboram diversas possibilidades de inserção social, atingindo uma amplitude de interação entre a comunidade linguística surda e ouvinte e uma inclusão educacional com o ensino e a aprendizagem mais dinamizado e criativo. Oportuniza-se assim aos alunos surdos disseminar a Libras com o estudo dos sinais já existentes ou os regionalizados, tendo o foco dessa pesquisa a arborização urbana. Sabemos que os recursos tecnológicos proporcionam a todos os profissionais da área da surdez a utilização de estratégias metodológicas diferenciadas e visuais, a partir da proposta pedagógica curricular, utilizando a Língua Brasileira de Sinais e a língua portuguesa na modalidade escrita. Ademais, a tecnologia fornece à pessoa com deficiência informação e promove uma independência pessoal e social, estando de acordo com o Decreto nº 10.502, de 30 de setembro de 2020, no Artigo 2º, Inciso v, que institui a Política Nacional de Educação Especial: Equitativa, Inclusiva e com Aprendizado ao Longo da Vida:

⁵ Brasil, Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015.

v – política de educação com aprendizado ao longo da vida – conjunto de medidas planejadas e implementadas para garantir oportunidades de desenvolvimento e aprendizado ao longo da existência do educando, com a percepção de que a educação não acontece apenas no âmbito escolar, e de que o aprendizado pode ocorrer em outros momentos e contextos, formais ou informais, planejados ou casuais, em um processo ininterrupto⁶.

Sabemos que as comunidades surdas residem em localidades geograficamente diferentes; assim, o uso das tecnologias proporciona a “inserção comunicativa em muitas das atividades de vida diária antes inacessíveis, pois, a distância e o tempo se encurtam pela internet e surgiram novas maneiras de se relacionar”⁷. Notamos que, para as ciências ambientais e os seus componentes curriculares serem assimilados pelos sujeitos surdos, ocorrendo a comunicação e sua integração à sociedade, as tecnologias devem ser acessíveis visualmente e o âmbito escolar deve buscar alternativas tecnológicas que favoreçam o seu aprendizado. Para a região, o efeito deste projeto de pesquisa e a construção do produto educacional proporcionarão um impacto localista, por eliminar impedimentos de comunicabilidade por parte da comunidade linguística ouvinte e surda, referente a um estudo aprofundado dos sinais em Libras que envolvem a educação ambiental ligada à educação bilíngue – especialmente na identificação e nomenclatura das espécies arbóreas locais que não possuíam sinais identificadores regionalizados. Sabendo que ocorreu o respeito ao regionalismo, abrangendo a particularidade dos alunos surdos do município de Goioerê, com sua cultura local envolvida e seus dialetos próprios.

Diante do exposto, os objetivos propostos para esta pesquisa atingiram os resultados esperados, sendo que o alunado em questão pôde ter acesso ao conhecimento da educação ambiental através de recursos pedagógicos e tecnológicos em Libras. Ressaltamos que os processos metodológicos proporcionaram constatar, diante da entrevista, a concepção da problemática que é a não identificação das nomenclaturas e características das árvores e a ausência ou pouca existência de sinais em Libras sobre arborização urbana. Já as oficinas bilíngues com temáticas voltadas às ciências ambientais possibilitaram discussões e análises dos problemas ambientais e possíveis soluções para conservação do meio ambiente em Libras.

Para suprir tais lacunas, propusemos uma metodologia com a utilização de recursos visuais para melhor compreensão da sensibilização e conscientização da educação ambiental. Enfatizamos que o desenlace dessa pesquisa atendeu o objetivo geral proposto, no entanto, o estudo teve algumas dificuldades, tais como: 1. não pudemos realizar visita *in loco* para termos o contato com as árvores estudadas; 2. o distanciamento com os alunos surdos, devido ao protocolo de biossegurança, impossibilitou na prática mostrar as árvores catalogadas citadas. Ressaltamos que, no retorno das aulas presenciais, vivenciamos na parte externa da instituição a observação de algumas espécies arbóreas ligadas a esta pesquisa.

6 Brasil, Decreto nº 10.502, de 30 de setembro de 2020.

7 M. R. Stumpf, *Educação de Surdos e Novas Tecnologias*, 2010.

Contudo, foi perceptível na aplicação da entrevista a não ocorrência da acessibilidade linguística referente aos aspectos arbóreos na educação dos alunos surdos; nas oficinas bilíngues, foram notórios a sensibilização e os cuidados necessários para um desenvolvimento sustentável. Destacamos a “Oficina Bilíngue – Vegetação”, que constituiu uma ferramenta pedagógica de educação ambiental tanto para a comunidade linguística surda como para a ouvinte sobre a utilidade de cada espécie mapeada. É imprescindível, diante dos argumentos expostos, a conscientização de que a constituição de uma educação ambiental inclusiva junto da comunidade linguística surda, para ser efetiva, precisa considerar aspectos regionais, diferenciação curricular e, por fim, promover conhecimentos ambientais da arborização urbana mais persistente, pois o aluno surdo é agente ativo no processo educacional em nossa sociedade, que, atualmente, vem sofrendo com os impactos ambientais das mais variadas tipologias.

O resultado obtido na aplicação das oficinas bilíngues citadas nos guiou para elaboração do produto educacional, o dicionário de Libras *Arborização Urbana – Goioerê-PR*, um repositório de diversos sinais em Libras das espécies arbóreas catalogadas no referido município e alguns relacionados às ciências ambientais. A elaboração do produto educacional deveu-se à carência de recursos pedagógicos e tecnológicos da língua de sinais em estudo e muito contribuirá no ensino-aprendizagem do alunado em questão. A finalização deste dicionário online – a edificação do site/produto educacional no qual ele estará plotado – ocorre em concomitância à escrita deste artigo, junto com os especialistas – programador e desenvolvedor digital – que oferecem suporte técnico ao seu desenvolvimento. Aliás, vale destacar que a defesa da dissertação vinculada à pesquisa aqui descrita ocorreu no início de outubro de 2022.

Ressaltamos que, para os alunos surdos e seus docentes, o nosso trabalho, veiculado por meio do Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para o Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Estadual de Maringá (ProfCiAmb – Associada UEM), proporcionou um aprendizado das questões ambientais necessário para a reflexão de como os profissionais da área educacional – especialmente os da educação bilíngue – tratam essa questão, levando-nos a repensar as nossas práticas pedagógicas e a importância de tratar essa problemática com maior atenção e dedicação⁸. Sabemos da importância da implantação de políticas públicas e das adequações curriculares específicas na educação de surdos na perspectiva de educação inclusiva, ou seja, ações que devem ser articuladas e implementadas para o reconhecimento de suas características bilíngues. É a essa direção que nosso trabalho se dirige.

Sabendo que ainda existem desafios em relação ao respeito às diferenças, à aceitação como grupo cultural distinto e à eliminação das barreiras comunicacionais entre o mundo surdo e o mundo ouvinte, realizamos essa pesquisa a fim de desenvolver aspectos

8 A. A. dos S. Lustosa, *Arborização Urbana como Instrumento para Educação Ambiental na Formação Continuada de Professores de Educação de Jovens e Adultos na Modalidade Especial*, 2020.

de mitigação atrelados ao processo de inserção cultural, social, ambiental e educacional do alunado surdo. Ou seja, esperamos que esta pesquisa possa abrir caminhos para a inserção socioambiental da comunidade surda, assim como para futuras pesquisas preocupadas em realizar a conexão e a interação entre as diversas especificidades das comunidades linguísticas surdas imersas em nosso país.

LINK DO PRODUTO

<https://dicionario-de-libras---arborizacao-urbana.webnode.page/>.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus por dar-nos sabedoria para direcionar nossas vidas. Ao meu orientador, Prof. Dr. Felipe Fontana, por toda a instrução obtida, guiando-me na obtenção do título de mestre com paciência nos momentos de minha fragilidade: incentivando-me sempre a não desistir. Ao coordenador e ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional para Ensino das Ciências Ambientais da Universidade Estadual de Maringá (ProfCiAmb – Associada UEM), Prof. Dr. Henrique Ortêncio Filho, pela oportunidade dada de mostrar e inserir a Língua Brasileira de Sinais (Libras) no âmbito do ensino das ciências ambientais, e o apoio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), no âmbito do processo Capes-UAB/ANA: 2803/2015. Aos professores e professoras do programa supracitado, agradeço o conhecimento adquirido. À minha amada família, meu esposo José Roberto e minha filha Roberta, amores eternos de minha vida: gratidão pelo estímulo de persistir e perdão pela minha ausência em vários momentos em família. Ao meu amado pai José, por ensinar-me os cuidados com a terra e por ter vivido toda minha infância e adolescência no campo. Ao meu companheiro de trabalho, amigo e professor, Fernando Fioreti Frasson, agradeço por todo o conhecimento adquirido da sua língua materna, a Libras, e pela parceria nesta pesquisa. Aos meus alunos surdos e demais que fazem parte da comunidade linguística surda de Goioerê (PR), que possam usufruir deste projeto de pesquisa em suas vidas.

REFERÊNCIAS

AGENDA 2030. *Plataforma Agenda 2030: Acelerando as Transformações para a Agenda 2030 no Brasil*. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br/>. Acesso em: 17 abr. 2021.

BARCELLOS, Alberto *et al.* *Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana*. Paraná, 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96121/1/2013-SergioA-ManualPMARB.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2021.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, Senado Federal, 1988.

_____. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – Libras e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110436.htm. Acesso em: 13 jul. 2023.

_____. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002, que dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais – LIBRAS, e o art. 18 da Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm Acesso em: 27 maio 2020.

_____. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 18 abr. 2022.

_____. Decreto nº 10.502, de 30 de setembro de 2020. Institui a Política Nacional de Educação Especial: Equitativa, Inclusiva e com Aprendizado ao Longo da Vida. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.502-de-30-de-setembro-de-2020-280529948#:~:text=1%C2%BA%20Fica%20institui%C3%ADda%20a%20Pol%C3%ADtica,educa%C3%A7%C3%A3o%20e%20a%20a-tendimento%20educacional>. Acesso em: 30 ago. 2021.

GESSER, Audrei. *Libras? Que Língua é Essa? Crenças e Preconceitos em Torno da Língua de Sinais e da Realidade Surda*. São Paulo, Parábola Editorial, 2009.

LUSTOSA, Aparecida Alves dos Santos. *Arborização Urbana como Instrumento para Educação Ambiental na Formação Continuada de Professores de Educação de Jovens e Adultos na Modalidade Especial*. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2020 (Dissertação de Mestrado).

MACEDO, Sherley José Donaris Colombani. *Meio Ambiente, Surdidade e Inclusão Educacional: Criação de Sinais em Libras Vinculados ao Tema da Arborização – Goioerê-Pr*. Maringá, Universidade Estadual de Maringá, 2022 (ProfCiAmb).

PARANÁ. Ministério Público do Estado do Paraná. *Manual para Elaboração do Plano Municipal de Arborização*. 2ª. ed. Curitiba, 2018. Disponível em: http://www.conexaoambiental.pr.gov.br/sites/conexaoambiental/arquivos_restritos/files/documento/201811/Manual%20Arboriza%C3%A7%C3%A3o%20Urbana_FINAL.pdf. Acesso em: 14 abr. 2021.

STUMPF, Marianne Rossi. *Educação de Surdos e Novas Tecnologias*. Florianópolis, UFSC, 2010.

CAPÍTULO 3

IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE GESTÃO ESG NAS MINERADORAS

Data de submissão: 08/03/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Ana Carolina Lisboa Bastos

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/3590233893743696>

Alcides Eloy Cano Nuñez

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<http://lattes.cnpq.br/8730314463250804>

Erwin Tochtrop

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<http://lattes.cnpq.br/0424865406033986>

Gerson Ferreira da Silva

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/4556375475161993>

Hugo Leonardo Oliveira Tomaz de Aquino

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/7939409335900085>

Jennifer de Souza Bezerra

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/7315104735884107>

Jonatas Franco Campos da Mata

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<https://lattes.cnpq.br/8385118400138330>

Leandro de Vilhena Costa

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<http://lattes.cnpq.br/9996388965646329>

Leonardo Marini Storani

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<https://lattes.cnpq.br/5372004034177348>

Marcos Vinicius Agapito Mendes

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<http://lattes.cnpq.br/5517018260745401>

Paulo Elias Carneiro Pereira

Universidade Federal de Catalão – UFCAT
Catalão - GO
<http://lattes.cnpq.br/6393384572796011>

Ricardo Alves da Silva

Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Janaúba – MG
<http://lattes.cnpq.br/3636464438163605>

RESUMO: A sigla ESG consiste em três palavras de origem inglesa: *Environmental* (condutas dirigidas a preservação da biodiversidade e combate à poluição), *Social* (relacionada à saúde e segurança do trabalho e direitos humanos) e *Governance* (associado a ética, remuneração, transparência, governança corporativa e diversidade). O Sistema de Gestão ESG é fundamental para a sustentabilidade da mineração devido às exigências internacionais. Sabe-se que aproximadamente 70% dos investidores preferem aplicar seus recursos financeiros em empresas que adotam este sistema. Ele abrange aspectos operacionais, de segurança, meio ambiente, sociais, econômicos e de governança. Diversas empresas têm aplicado com sucesso esse sistema, como por exemplo: Sigma Lithium, AngloGold Ashanti, Gerdau e Vale, citadas no artigo. A pesquisa foi desenvolvida através da consulta de diversos documentos técnicos, obtidos através da internet. Procurou-se detalhar informações sobre a metodologia básica do ESG, além de exemplos práticos de implementação em mineradoras. O objetivo deste artigo é demonstrar de que forma as políticas de ESG deixaram de ser um diferencial sustentável para uma certificação obrigatória de boas práticas. A presente pesquisa salienta alguns casos exitosos de aplicação do ESG em mineradoras. Empresas que praticam o ESG como filosofia empresarial são conhecidas como empresas sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade Ambiental; Governança; Responsabilidade Social; Boas Práticas.

IMPLEMENTATION OF THE ESG MANAGEMENT SYSTEM IN MINING COMPANIES

ABSTRACT: The acronym ESG consists of three words of English origin: Environmental (conducts aimed at preserving biodiversity and combating pollution), Social (related to occupational health and safety and human rights) and Governance (associated with ethics, remuneration, transparency, governance corporate and diversity). The ESG Management System is fundamental to the sustainability of mining due to international requirements. It is known that approximately 70% of investors prefer to invest their financial resources in companies that adopt this system. It covers operational, safety, environmental, social, economic and governance aspects. Several companies have successfully applied this system, such as: Sigma Lithium, AngloGold Ashanti, Gerdau and Vale, mentioned in the article. The research was developed through consultation of several technical documents, obtained via the internet. We sought to provide detailed information on the basic ESG methodology, in addition to practical examples of implementation in mining companies. The objective of this article is to demonstrate how ESG policies went from being a sustainable differentiator to a mandatory certification of good practices. This research highlights some successful cases of applying ESG in mining companies. Companies that practice ESG as a business philosophy are known as sustainable companies.

KEYWORDS: Environmental Sustainability; Governance; Social Responsibility; Good habits.

INTRODUÇÃO

No ano de 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu uma nova agenda de desenvolvimento sustentável para os próximos 15 anos, a chamada “Agenda 2030”, formada por 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de implementação. Esses objetivos buscam extinguir a pobreza, a desigualdade, injustiças, alcançar a igualdade de gênero, impugnar as mudanças climáticas, dentre outros. Acima de tudo, o setor privado tem papel crucial na implementação desses objetivos uma vez que este é o principal detentor do poder econômico e proporcionador de inovações que engloba os mais variados públicos (Pacto Global, 2023).

Atualmente nesse cenário, as indústrias vêm seguindo um caminho de inovação e maximização de lucros ao mesmo tempo que buscam sustentabilidade e integração, isso se comprova evidentemente na realidade de investimentos brasileiros como apontam pesquisas do Instituto Akatu, mostrando que mais de 70% de investidores estão preferindo investir em empresas que adotam políticas ESG do que somente as que possuem projetos inovadores e alta projeções retorno econômico (Exame, 2020).

As sigla ESG, como representado na Figura 1, refere-se a três palavras em inglês sendo elas: *Environmental* (diz respeito a condutas dirigidas a preservação da biodiversidade, emprego consciente dos recursos naturais, combate à poluição, etc), *Social* (relacionada à saúde e segurança do trabalho, direitos humanos, participação da comunidade, etc) e *Governance* (associado a ética, remuneração, transparência, governança corporativa, diversidade, etc) (Baker McKenzie, 2020).

O termo ESG surgiu em 2004 como uma resposta à crescente conscientização sobre a necessidade de uma abordagem mais sustentável e responsável nos negócios e investimentos (Pacto Global, 2021).



Figura 1. Representação esquemática ESG

Fonte: Oliveira; Castro; Nunes (2021).

O mercado da mineração está totalmente inserido nessas demandas, uma vez que é considerada uma prática predatória pelo senso comum. Portanto é de suma importância que mineradoras cada vez mais adotem sistemas de gestão, como ESG, em seus empreendimentos tanto para cumprir o que está sendo exigido pelas políticas mundiais. Esses sistemas de gestão desempenham um papel crucial no setor das mineradoras, ajudando a garantir a eficiência operacional, a segurança dos trabalhadores e a sustentabilidade ambiental. Essas empresas dependem de uma variedade de processos e atividades complexas, desde a exploração e extração de minerais até o processamento e distribuição.

Nesse contexto, os sistemas de gestão fornecem uma estrutura organizacional que abrange desde o planejamento estratégico até a supervisão diária das operações, possibilitando o controle e a coordenação de todas as etapas do ciclo produtivo. Além disso, esses sistemas também auxiliam na conformidade com as regulamentações governamentais e nas práticas de responsabilidade social corporativa, permitindo que as mineradoras atendam aos requisitos legais e ambientais, bem como às expectativas da sociedade em relação à sustentabilidade e à transparência.

A boa gestão da política ESG nas mineradoras é de suma importância pois, segundo a S&P Global Ratings (2019) classifica os riscos sociais e ambientais das atividades econômicas, de acordo com uma pontuação que pode variar de 1 (pouca exposição) a 6 (muita exposição), e o ramo da mineração possui pontuação 6 para os riscos ambientais e 5 para os sociais. Diante dessa pontuação, é necessária toda atenção especial na gestão desses fatores para que a reputação das empresas não seja afetada.

As tragédias de Mariana, em 2015, e de Brumadinho, em 2019, chamaram ainda mais a atenção para a necessidade de implementação de boas práticas de ESG para as mineradoras. Maybee, Lilford e Hitch (2023) mencionam que as empresas estão enfrentando uma pressão constante de investidores, comunidades e agentes fiscalizadores para abordar, monitorar e gerenciar riscos ambientais, sociais e de governança. Os riscos ESG comuns incluem aqueles relacionados à mitigação do impacto das mudanças climáticas e práticas ambientais. Em relação ao risco social e de governança incluem respeito pelos direitos humanos, práticas antissuborno e corrupção. A pesquisa aponta que os riscos ambientais e sociais se tornaram os mais importantes, seguidos de perto pela descarbonização e pela licença para operar.

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) criou uma “Carta compromisso do Setor Mineral” com ações em 12 áreas fundamentais para uma boa gestão da política do ESG que são: segurança operacional; barragens e estruturas de disposição de rejeitos; saúde e segurança ocupacional; mitigação de impactos ambientais; desenvolvimento local e futuro dos territórios; relacionamento com comunidades; comunicação e reputação; diversidade e inclusão; inovação; água; energia e gestão de resíduos (Cavalcanti, 2022).

O objetivo deste artigo é demonstrar, analisando o cenário atual e projeções futuras, de que forma as políticas de ESG deixaram de ser um diferencial sustentável para uma certificação obrigatória de boas práticas em empresas do setor da mineração. Além disso, o presente trabalho apresenta alguns estudos de caso de aplicação da gestão ESG em mineradoras.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida através da consulta de artigos científicos, dissertações, teses, sites especializados e outros documentos obtidos através da internet. Foram obtidas e destacadas informações sobre os conceitos básicos do ESG, além de explanação sobre as experiências práticas deste sistema de gestão em mineradoras.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os indicadores ESG dirigidos para a responsabilidade social na mineração, conforme relatório emitido pela Responsible Mining Foundation (RMF, 2019).

Nº	Tópico	Indicador
1	Envolvimento da comunidade	A empresa operacional envolve as comunidades presentes nos projetos em assuntos que possam afetá-las
2	Emprego local	A empresa divulga a composição de funcionários, mostrando o número de empregados expatriados e nacionais
3	Aquisição local	Divulgação de dados sobre compras locais e apoio a fornecedores locais
4	Mecanismo de reclamação da comunidade	A empresa divulga publicamente dados sobre as queixas da comunidade e toma medidas para solucioná-las
5	Salário digno	A empresa deve garantir níveis salariais dignos aos empregados e contratados
6	Segurança dos trabalhadores	A empresa garante que a seus funcionários e contratados sejam fornecidos equipamentos de segurança adequados
7	Mecanismo de reclamação do trabalhador	A empresa divulga publicamente dados sobre seu mecanismo de queixas dos trabalhadores e age para fornecer soluções adequadas
8	Povos indígenas	A empresa consulta os povos indígenas possivelmente afetados por suas atividades, e respeita seu direito ao consentimento livre, prévio e informado sobre o uso de suas terras
9	Mineração artesanal e de pequena escala	A empresa operadora se envolve com mineração artesanal e de pequena escala dentro e ao redor de sua mina
10	Avaliações de impacto ambiental	A empresa divulga publicamente as avaliações de impactos ambientais, e discute os resultados dessas avaliações com os acionistas afetados
11	Qualidade da água	A empresa operacional divulga publicamente os dados de monitoramento da qualidade da água, discute os resultados com as partes interessadas afetadas pelo projeto e aplica ações de melhoria da qualidade da água em suas bacias hidrográficas ou bacias regionais
12	Qualidade do ar	A empresa operacional divulga publicamente os dados de monitoramento da qualidade de ar, e discute os resultados com as partes interessadas afetadas pelo projeto e aplica ações de melhoria da qualidade de ar dentro e ao redor da mina
13	Reabilitação progressiva	A empresa operadora divulga publicamente e implementa uma reabilitação e plano de fechamento que inclui planos de reabilitação progressiva contínua
14	Viabilidade pós-fechamento para as comunidades	A empresa desenvolve planos para garantir que as comunidades afetadas pelo projeto permaneçam viáveis após o fechamento da mina
15	Planos de preparação e resposta a emergências	A empresa operacional divulga publicamente e testa sua preparação para emergências e planos de resposta

Tabela 1. Indicadores ESG

Fonte: RMF (2019).

Dentre os exemplos de aplicação bem sucedida do ESG, destaca-se a implementação conduzida pela Sigma Lithium. Esta empresa soube se beneficiar da elevação surpreendente da demanda por lítio para se inserir no mercado de forma estratégica, investindo maciçamente em práticas de ESG. Trata-se de uma mineradora listada na bolsa de valores Nasdaq (New York), sendo desenvolvida em um grupo de propriedades de pegmatitos litiníferos situados nas cidades de Itinga e Araçuaí, pertencentes à região do Vale do Jequitinhonha, no estado brasileiro de Minas Gerais (Roncari, 2023). A Figura 2 apresenta um mapa de localização e acesso a seu empreendimento de mineração.

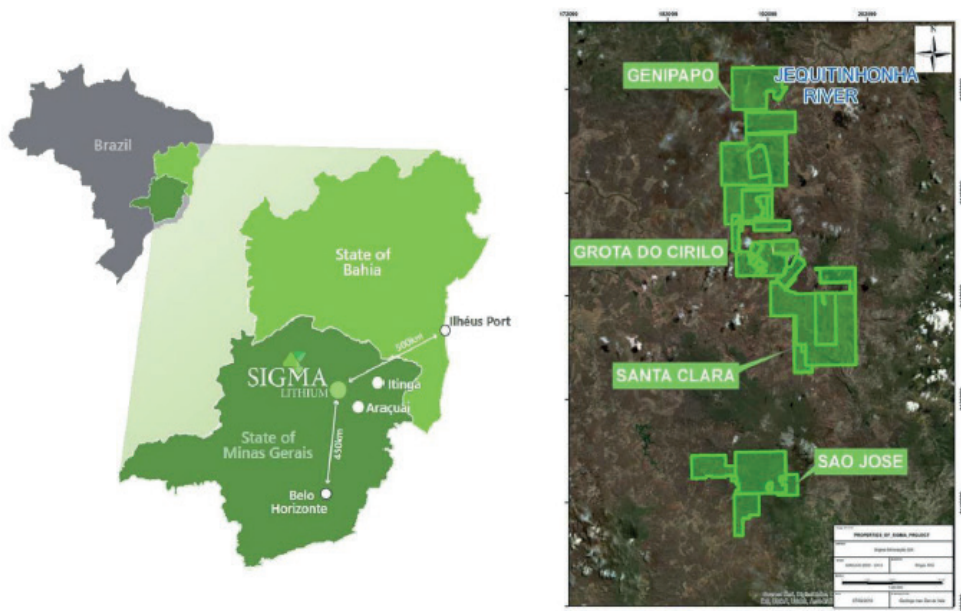


Figura 2. Mapa de localização e acessos - Sigma Lithium

Fonte: Roncari (2023).

Podem ser destacadas algumas características diferenciadoras da Sigma Lithium com relação a seus concorrentes, dando a ela um perfil único no setor: potencial para tornar-se um dos maiores produtores mundiais de concentrado de lítio para baterias (produção futura de 531.000 toneladas por ano); projetos totalmente financiados, com previsão de operar em 2023 com altos níveis de eficiência; concentrado de lítio de alta qualidade, além de apresentar o 3º nível de pureza mais elevado do mundo; projeção para operação em um mercado deficitário e apertado, com preços estáveis de lítio até 2025; venda direta única para os clientes LG e Mitsui; líder global em ESG, dirigida para a promoção de uma forma limpa de fazer negócios reconhecida na COP 25 & 26 pela ONU (Roncari, 2023).

A Sigma se comprometeu com os mais altos padrões de ESG. Dentre as ações práticas neste sentido, pode-se citar o projeto de uma planta de beneficiamento totalmente sustentável, utilizando uma tecnologia de separação de meio denso sem a utilização de produtos químicos perigosos na separação e purificação do lítio. Além disso, esse processo também reduz o consumo de água e energia elétrica e permite a possibilidade de secagem dos rejeitos de empilhamento. O empilhamento a seco é visto como uma alternativa mais favorável ao rejeito de pilha úmida e às barragens de rejeitos usadas em muitos projetos na Austrália Ocidental e na China. Não envolve o uso de água, portanto não há necessidade de uma barragem para armazenar os rejeitos, eliminando os riscos de possível rompimento da barragem. Em relação ao consumo de água, a empresa utilizará apenas água de esgoto proveniente do Rio Jequitinhonha. Para evitar a entrada de coliformes fecais na usina, foi construída uma estação de tratamento. Em seguida, a água de processo é reciclada dentro da planta por meio de um espessador, onde todos os fluxos de polpa de finos serão direcionados e recuperados. Dessa forma, a água utilizada no processo produtivo será 100% recirculada na planta produtiva. Em termos de energia, toda a usina será plenamente abastecida pela vizinha hidrelétrica de Irapé. Essa característica é outro grande diferencial em relação aos concorrentes, visto que a maioria das mineradoras chinesas são movidas a carvão, enquanto que a quase totalidade das operações chilenas e australianas utilizam geradores a diesel, portanto baseadas em energias poluentes. Assim, a Sigma é um dos poucos projetos totalmente movidos a energia verde. Outro grande exemplo de práticas ESG é a construção da mina Xuxa. O projeto proposto pela empresa combina a minimização das emissões de gases de efeito estufa do biodiesel nos caminhões de mineração, segregando as pilhas de estéril e rejeitos beneficiados no entorno da planta de produção, com a minimização da mata semiárida e supressão vegetal (menos de 50 hectares). Para preservar ainda mais o ecossistema circundante, a Sigma decidiu abrir a primeira mina em duas cavas distintas, visando preservar o fluxo intermitente do rio Piauí. Esta decisão foi resultado do papel fundamental do rio Piauí em fornecer a única fonte de água potável para as comunidades do entorno (cerca de 100 famílias) (Roncari, 2023).

Um outro exemplo de sucesso na implantação do ESG em suas operações é da Gerdau, empresa brasileira que deu início às suas atividades em 1901, no estado do Rio Grande do Sul. Cada vez mais, a agenda ESG – com o componente ambiental tendo grande peso na sua aplicação a atividades industriais – passa a ser vista como fator crucial a ser levado em conta no debate, no planejamento e na tomada de decisões no dia a dia da empresa (Sobre Nós, 2023).

No ano de 2020, foram investidos R\$ 417 milhões na melhoria de práticas de ecoeficiência e em tecnologias para a proteção do ar, da água e do solo (ESG Gerdau, 2023). A Gerdau tem investido na digitalização da gestão de energia e em softwares de modelamento matemático, garantindo o controle e monitoramento online de todos os consumos, a previsão do consumo energético de acordo com o planejamento de produção

e os demais parâmetros de processos. A empresa também tem como meta buscar a neutralidade de carbono até 2050 (Bússola, 2023).

No Brasil, em parceria com a Shell, a empresa anunciou este ano uma joint venture de energia solar no estado de Minas Gerais possuindo capacidade aproximada de 200 MWp. O parque solar fornecerá parte da energia limpa para unidades de produção de aço da empresa, em linha com a busca pela autossuficiência energética e com a estratégia de entrada no segmento de geração de energia renovável. Nos próximos 10 anos, a Gerdau irá investir em iniciativas de eficiência energética e operacional, ampliará o uso de sucata ferrosa como matéria-prima para a produção de aço e expandirá sua área florestal em Minas Gerais, responsável pela produção do carvão vegetal (Sobre Nós, 2023). A Figura 3 apresenta um parque fotovoltaico de energia solar da Gerdau.



Figura 3. Parque fotovoltaico construído em parceria Gerdau e Shell

Fonte: Bússola (2021).

A AngloGold também é um exemplo de práticas ODS (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável) é referência na produção de ouro no país com produção anual de 476.095 onças, de acordo com seu “relatório ESG 2020” que contém informações sociais, econômicas, ambientais e governamentais, das operações no ano de 2020, destacando o apoio a “Agenda 2030” e “Pacto Global” da ONU com iniciativas de acabar com a pobreza e desigualdade, conservar recursos naturais e diminuir os impactos causados em suas operações, destinando os resíduos gerados de forma correta, não prejudicando os cursos d’água e ecossistemas da região. Em relação ao meio ambiente, houve uma economia

de 29.687 MWh com capacidade de abastecer uma cidade com 26 mil habitantes, no ano e 51% dos resíduos das operações foram destinados à reciclagem. Houve também investimentos sociais onde R\$19,9 milhões foram destinados para iniciativas socioculturais e R\$1,6 milhões destinados a instituições de saúde, hospitais públicos e projetos sociais no combate ao covid-19. (AngloGold Ashanti, 2020). A Figura 4 apresenta os investimentos da empresa no combate ao novo coronavírus.



Figura 4. Investimentos em responsabilidade social- AngloGold Ashanti

Fonte: Adaptado de AngloGold Ashanti (2020).

Conforme as práticas governamentais, os recém-contratados devem passar por treinamento sobre o Código de Ética e da Política de Compliance. Dos investimentos da empresa AngloGold Ashanti, R\$48,3 milhões investidos em preservação ambiental, R\$125 milhões ao projeto de disposição de resíduos a seco, 63 hectares de áreas degradadas recuperadas, assumindo o compromisso ESD (AngloGold Ashanti, 2020).

A empresa Vale é uma Mineradora multinacional brasileira que investe nas práticas de ESG, sendo seu principal compromisso de compor o esforço global para frear as mudanças climáticas diminuindo seus efeitos, se comprometendo a zerar as emissões diretas e indiretas até 2050, reduzindo as emissões de sua cadeia de valor em 15% até 2035, consumo de fontes renováveis no brasil até 2025 e em escala global até 2030. Contudo se faz necessário investimentos em tecnologias inovadoras e parcerias de descarbonização (Mineração & Sustentabilidade, 2022).

Outro aspecto cuja atenção tem sido redobrada são os procedimentos de segurança das barragens de rejeitos. Após os rompimentos das barragens de Fundão, em Mariana

(2015), e do Córrego do Feijão, em Brumadinho (2019), a Vale fortaleceu sua governança de gerenciamento de riscos. Foi implementada a Diretoria de Segurança e Excelência Operacional, cujo foco foi centrado nas seguintes ações: aprovação da nova política de riscos; criação de cinco comitês executivos de risco; profundas revisões e melhorias na estrutura de linhas de defesa (Mineração & Sustentabilidade, 2022). A Figura 5 apresenta um dos centros geotécnicos da Vale, utilizados para monitoramento da segurança de barragens de rejeito e outras estruturas.



Figura 5. Sistema de monitoramento geotécnico da Vale

Fonte: Mineração & Sustentabilidade (2022).

Apesar dos avanços, a indústria da mineração no Brasil ainda enfrenta importantes desafios em relação ao ESG. A falta de investimentos em tecnologias limpas, de políticas públicas que viabilizem essas tecnologias e a resistência à mudança por parte de algumas empresas ainda representam obstáculos significativos para a sustentabilidade ambiental. É importante ressaltar que a adoção de práticas sustentáveis na mineração também traz oportunidades para o setor, haja vista que, a demanda global por minerais responsáveis está em crescimento, e as empresas que se destacam nesse aspecto podem se beneficiar de uma reputação positiva, acesso a mercados mais exigentes e redução de riscos financeiros e operacionais.

CONCLUSÃO

No momento atual vivenciado pela mineração, é fundamental a utilização de sistemas de gestão consistentes para garantir a transparência e credibilidade das empresas com relação à sustentabilidade nos seguintes aspectos: proteção ao meio ambiente, respeito ao ser humano e integridade econômica. Em um mundo globalizado, a sociedade necessita de atendimento a parâmetros fundamentais de governança corporativa. O Sistema ESG tem sido adotado por empresas de mineração, principalmente aquelas que fornecem produtos para mercados europeus e norte-americanos. O presente artigo apresentou os fundamentos do ESG, evidenciando experiências bem sucedidas das empresas Sigma Lithium, AngloGold Ashanti, Gerdau e Vale. Percebe-se que o ESG está se tornando um norteador de novas condutas para os empreendimentos minerários, acarretando assim diferenciais importantes para as empresas que o adotam.

Portanto, baseado no cenário atual, políticas de gestão como o sistema ESG devem evoluir de uma certificação de boas práticas para uma cultura organizacional sustentável, pela qual as empresas incorporem os valores de forma natural.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio conjunto dos docentes e discentes dos cursos de Engenharia de Minas da UFCAT (Catalão - GO) e UFVJM (Janaúba - MG).

REFERÊNCIAS

ANGLOGOLD ASHANTI. **Relatório ESG 2020**. 2020.

BAKER MCKENZIE. **Introduction to Environmental, Social and Governance (ESG) considerations for the mining sector: reporting obligations and investor expectations**. 2020, 8p.

BÚSSOLA. **Como a Gerdau busca bater recordes em ESG das indústrias mundiais**. Disponível em: <https://exame.com/bussola/como-a-gerdau-busca-bater-recordes-em-esg-das-industrias-mundiais/>. Acesso em: 22 maio 2023.

BÚSSOLA. **Joint Venture de Gerdau e Shell Brasil leva energia solar a Minas Gerais**. [S. l.], 18 jul. 2021. Disponível em: <https://exame.com/bussola/joint-venture-de-gerdau-eshell-brasil-leva-energia-solar-a-minas-gerais/>. Acesso em: 27 maio 2023.

CAETANO, Rodrigo. **Para 71% dos brasileiros, a agenda ESG vale mais que recuperação em V.**, 30 out. 2020. Disponível em: <https://exame.com/esg/para-71-dos-brasileiros-agenda-esg-vale-mais-que-recuperacao-em-v/>. Acesso em: 23 maio 2023.

CAVALCANTI, Leo. **Quais são os desafios de ESG para mineradoras e como revertê-los?**. In: [S. l.], 20 out. 2022. Disponível em: <https://www.linkana.com/blog/esg-para-mineradora>. Acesso em: 19 maio 2023.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil - CPRM e os ODS, Objetivos de Desenvolvimento Sustentável: Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração.** 2020. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/21788>. Acesso em Maio 2023.

IBRI/DELOITTE 2023, **Evolução da agenda ESG O valor das ações de responsabilidade no mercado de capitais.** Disponível em; <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/audit/articles/pesquisa-ibri.html>. acesso em Maio de 2023.

MAYBEE, Bryan; LILFORD, Eric; HITCH, Michael. **Environmental, Social and Governance (ESG) risk, uncertainty, and the mining life cycle.** The Extractive Industries And Society, [S.L.], v. 14, p. 101244, jun. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.exis.2023.101244>.

MINERAÇÃO & SUSTENTABILIDADE. **ESG: a chave para uma mineração responsável.** Edição 41. Disponível em: <https://revistamineracao.com.br/2022/06/10/edicao-4-1/> . Acesso em 22/05/2023. 2022.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Mineração 2030: Geologia, Mineração e Transformação Mineral.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/plano-nacional-de-mineracao-2030-1/documentos>. Acesso em Maio 2023.

OLIVEIRA, S.F., CASTRO, T.L., NUNES, E.P. **ESG em projetos – meio ambiente.** Workshop Vale: A temática ESG em Projetos. Evento interno. Belo Horizonte, 2021.

PACTO GLOBAL. **Entenda o significado da sigla ESG (Ambiental, Social e Governança) e saiba como inserir esses princípios no dia a dia de sua empresa.** Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/pg/esg>. Acesso em: 15/05/2023. 2023.

PACTO GLOBAL REDE BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).** Disponível em: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>. Acesso em maio 2023.

RMF. **Mine-site ESG data disclosure by small and mid-tier mining companies.** 2019.

RONCARI, A. **How companies in the mining industry can become more sustainable and environmentally friendly: the case of Sigma Lithium Corporation.** Master Thesis. Fundação Getúlio Vargas, Escola de Administração de Empresas de São Paulo. 2023.

SOBRE NÓS, **Informações sobre a Gerdau.** Disponível em:<https://www2.gerdau.com.br/sobrenos/#:~:text=Maior%20recicladora%20de%20sucata%20ferrosa,R%24%2043%2C8%20bilh%C3%B5es>. Acesso em: 22 maio. 2023.

S&P GLOBAL RATINGS. **The ESG Risk Atlas: Sector And Regional Rationales And Scores.** 2019.

COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ: ENTRE A CONTAMINAÇÃO E A SUSTENTABILIDADE

Data de submissão: 08/04/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Sara Priscila Teles

Universidade Federal do Paraná, PPG
Desenvolvimento Territorial Sustentável
Pontal do Paraná, Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-9887-3453>

Bruno Martins Gurgatz

Universidade Federal do Paraná, PPG
Sistemas Costeiros e Oceânicos
Pontal do Paraná, Paraná
<https://orcid.org/0000-0001-7059-7533>

Ariane Maria Basilio Pigosso

Universidade Federal do Paraná, PPG
Desenvolvimento Territorial Sustentável
Matinhos, Paraná
<https://orcid.org/0000-0003-4077-4206>

Leandro Angelo Pereira

Instituto Federal do Paraná, PPG Ciência,
Tecnologia e Sociedade
Paranaguá, Paraná
<https://orcid.org/0000-0001-6055-8063>

Liliani Marília Tiepolo

Universidade Federal do Paraná, PPG
Desenvolvimento Territorial Sustentável
Matinhos, Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-4488-2768>

RESUMO: Apresentamos uma síntese da contaminação ambiental do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), notável ecossistema sob intenso e histórico impacto ambiental na costa brasileira. Além de conservar a biodiversidade de um *hotspot* global, o estuário é a base de acesso aos recursos naturais para as comunidades humanas do seu entorno. Realizamos bibliometria com base em artigos científicos sobre poluição no CEP, entre 2010 e 2023. Os resultados revelam um quadro de contaminação ambiental, a partir dos contaminantes que foram investigados em diversos organismos, sedimentos e água, a saber: oligoelementos; contaminantes atmosféricos; hidrocarbonetos aromáticos policíclicos; esteróis fecais e compostos organoclorados. A contaminação não está distribuída homoganeamente por todo o CEP, concentrando-se mais próximo ao Porto de Paranaguá, enquanto a Baía de Laranjeiras parece estar mais preservada e livre de contaminantes. Esta síntese pode ser utilizada como instrumento de gestão ambiental territorial, como planos norteadores, monitoramentos, estratégias e ações para conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Litoral do Paraná; poluição; baía de Laranjeiras; baía de Paranaguá; manguezal; estuário.

PARANAGUÁ ESTUARINE COMPLEX: BETWEEN CONTAMINATION AND SUSTAINABILITY

ABSTRACT: We present a synthesis of the environmental contamination of the Paranaguá Estuarine Complex (CEP), a notable ecosystem under intense and historic environmental impact on the Brazilian coast. In addition to conserving the biodiversity of a global hotspot, the estuary is the basis for access to natural resources for the human communities in its surroundings. We carried out bibliometrics based on scientific articles on pollution in the CEP, between 2010 and 2023. Results unfold a picture of environmental contamination, based on the contaminants that were investigated in various organisms, sediments and water, namely: trace elements; atmospheric contaminants; polycyclic aromatic hydrocarbons; fecal sterols and organochlorine compounds. Contamination is not homogeneously distributed throughout CEP, it concentrates closer to the Port of Paranaguá, while the Laranjeiras Bay seems to be more preserved and free of contaminants. This synthesis can be used as an instrument for territorial environmental management, as guiding plans, monitoring, strategies and actions for conservation.

KEYWORDS: Coast of Paraná; pollution; Laranjeiras Bay; Paranaguá Bay; Mangrove; Estuary.

APRESENTAÇÃO

O Complexo Estuarino de Paranaguá, além de ser um dos ecossistemas mais biodiversos da costa brasileira é o lugar de moradia de diversas comunidades, com destaque para a presença de grupos indígenas Guarani Mbya e comunidades pesqueiras tradicionais, como a do “Maciel” (GÓES et al., 2020; ONOFRE et al., 2018). Tal é a importância deste contexto sócio biodiverso, que é considerado Patrimônio Mundial Natural e Reserva da Biosfera da UNESCO (CLAUDINO-SALES, 2019).

Ao sul de suas margens, o CEP abriga os terminais portuários de Paranaguá e Antonina. Devido à demanda na exportação da produção brasileira da soja, o porto de Paranaguá é considerado o maior porto do sul do Brasil e líder latino-americano no transporte de grãos. A atividade portuária na região trouxe consigo o surgimento de um conglomerado de armazéns de grãos, um polo industrial de fertilizantes e um terminal petroquímico, bem como a intensificação dos processos de urbanização (CAMPOS NETO et al., 2009; LIMA et al., 2018).

A relevância desse porto não data apenas de tempos recentes, a cidade de Paranaguá se desenvolveu a partir do primeiro atracadouro no rio Itiberê em 1648, e transformou-se em rota de entrada de imigrantes e de mercadorias. A partir de 1872, com o ciclo da erva mate, houve um significativo aumento na movimentação de cargas, o que levou a construção de um novo porto com maior profundidade de calado (PIGOSSO, 2022).

Além da pressão exercida pelos empreendimentos portuários já existentes, o cenário atual do CEP é marcado pela demanda de expansão do setor, incentivado pela exploração das reservas de óleo do pré-sal e a pressão para aumento da capacidade de exportação

do agronegócio brasileiro. Neste sentido, pelo menos 10 projetos de infraestrutura portuária já estão com permissões ambientais para implementação no CEP (ONOFRE et al., 2022).

Os ambientes de baía em todo o mundo sofrem historicamente com a contaminação e impactos ambientais de diversas naturezas e ordens de grandeza. O desenvolvimento portuário acarreta impactos por contaminantes, a perda e a fragmentação de habitats e os riscos à saúde humana (GURGATZ et al., 2016; MUELLER et al., 2023); e, mais recentemente têm ganhado destaque os impactos sobre as comunidades humanas que vivem próximas aos portos e reivindicam por justiça ambiental (GURGATZ et al., 2016).

Os diferentes usos da terra ao longo do gradiente estuarino e os distintos níveis de conservação nos dois eixos do CEP conformam um estudo de caso para a compreensão de impactos antropogênicos em estuários. O uso de diferentes marcadores moleculares e biogeoquímicos, bem como a concentração direta de poluentes têm sido reportados no CEP, e refletem a intensificação da ocupação humana e do uso industrial da região, como apontam Cabral et al. (2019), Martins et al. (2015) e Wilhelm et al. (2023).

Com o olhar no Complexo Estuarino de Paranaguá, buscamos apresentar o conhecimento científico acumulado sobre a contaminação ambiental neste ecossistema. Para isso, caracterizamos a área de estudo e aplicamos uma metodologia bibliométrica, sintetizando as informações obtidas por classe de contaminante.

O COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ

O Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) localiza-se a sudeste do Brasil (25°16' e 25°34' S e 48°17' e 48°42' W). É um estuário subtropical formado por dois corpos d'água principais, a Baía de Paranaguá e Antonina (Eixo Leste-Oeste com 260 km²), e a Baía de Laranjeiras e Pinheiros (Eixo Norte-Sul com 200 km²), bem como uma área de entrada (152 km²), que ao total ocupam uma área de cerca de 612 km² no litoral norte paranaense (ANGELI et al., 2020; LANA et al., 2001). Conecta-se com o oceano pelo Canal da Galheta, localizado ao sul da Ilha do Mel, pelo Canal Barra Norte, entre a Ilha das Peças e a Ilha do Mel e ao norte pelo Canal do Superagui, entre a Ilha das Peças e a do Superagui (BRANDINI, 2000). Em suas margens uma vasta área natural representa alguns dos últimos remanescentes contínuos de Mata Atlântica (CLAUDINO-SALES, 2019) (Figura 1).

Paladino et al. (2022) dividem o CEP em três áreas distintas com base nos processos deposicionais: (i) Baía de Antonina, onde os rios Nhundiaquara e Cachoeira desempenham um papel fundamental na entrada e transporte de sedimentos provenientes da Serra do Mar; (ii) Zona de Máxima de Turbidez, onde o equilíbrio hidrodinâmico entre a drenagem fluvial de água doce e a intrusão de água marinha no estuário favorece a deposição de sedimentos mais finos; e (iii) Plataforma Continental, que é a área onde a influência da água marinha nos padrões hidrodinâmicos e nas fontes de sedimentos é predominante. A Baía de Antonina está sob influência fluvial significativa, recebendo matéria orgânica

terrestre, enquanto o restante do Eixo Leste-Oeste apresenta contribuições mistas (ou seja, matéria orgânica terrestre e oceânica) (WILHELM et al., 2023).

A bacia do Rio Cachoeira, localizada na margem norte do CEP, provê uma descarga de $21,13 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ de água, sendo o principal contribuinte ao sistema. Seu fluxo aumentou em 50% a partir da interconexão com a bacia do rio Capivari, na década de 1970, devido à construção da central hidrelétrica Parigot de Souza (CATTANI; LAMOUR, 2016).

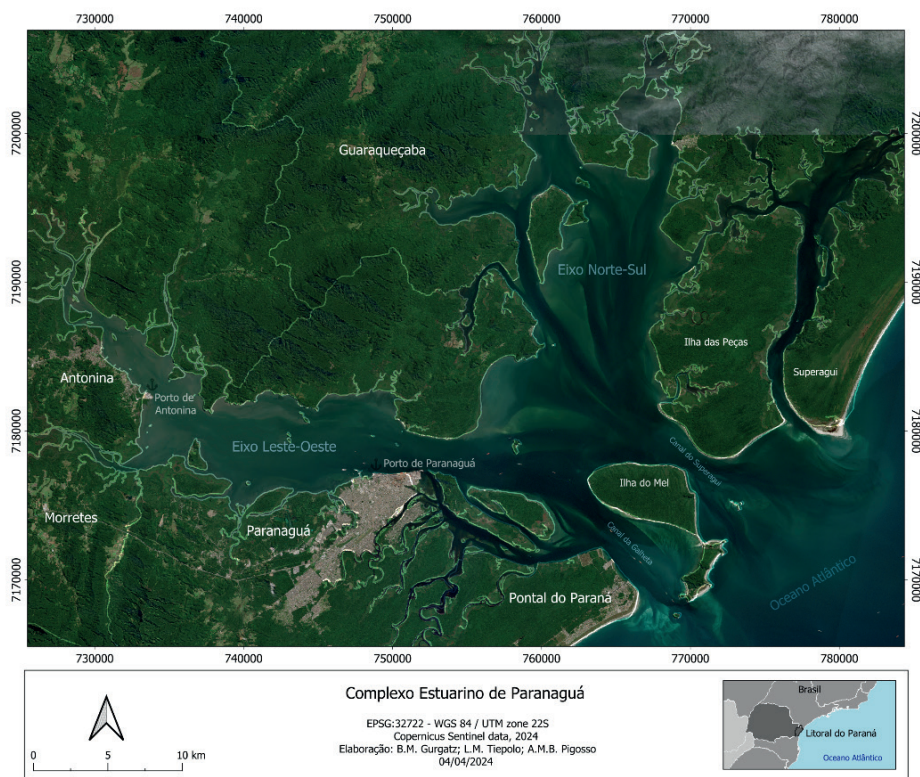


FIGURA 1: Mapa do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), Estado do Paraná, Brasil.

TÉCNICAS PARA A SÍNTESE BIBLIOMÉTRICA

Para obter a síntese bibliométrica sobre contaminantes no CEP, realizou-se uma busca da produção científica relacionada ao tema, seguida da filtragem dos trabalhos a partir dos resumos, e por fim, uma compilação teórica do conhecimento fornecido por eles. Os tópicos foram segmentados entre os principais poluentes orgânicos, inorgânicos, microplásticos, organismos biológicos e marcadores de esgoto.

A busca por artigos científicos foi realizada pela combinação de termos de busca no Portal de Periódicos da CAPES no período entre 2010 e 2023. Utilizou-se a seguinte *string* de busca: “(TS= (litoral AND parana) OR TS= (parana AND coast) OR TS= (paranagua

AND estuarine AND system) OR TS= (paranagua AND estuarine AND complex) OR TS= (bay) AND TS= (pollution OR pollutant OR contamination OR (chemical AND stressors)) NOT TS= (la AND plata)", os termos incluíram o título, resumo e palavras-chave. Utilizamos operadores booleanos como fator chave na escolha do conjunto de dados final para obter maior abrangência de artigos.

Obtida a bibliografia, realizou-se a remoção dos artigos que não se relacionavam com a temática no CEP. A partir da seleção de artigos resultantes foi realizada a leitura, compreensão e síntese a partir de pesquisas sobre poluentes químicos em sedimento, ar, água e organismos na área de estudo. A Figura 2 sintetiza esta etapa.

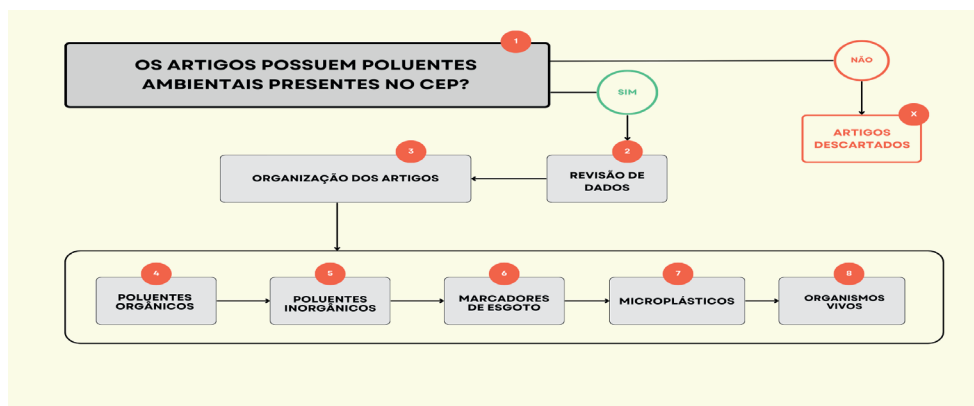


FIGURA 2: Diagrama das etapas de seleção dos artigos para a análise bibliométrica.

A CONTAMINAÇÃO DO COMPLEXO ESTUARINO DE PARANAGUÁ

A contaminação do CEP vem sendo estudada por diversos pesquisadores, principalmente da Universidade Federal do Paraná. Tanto compostos orgânicos como inorgânicos foram analisados em sedimentos, organismos, água e na atmosfera. Apresentamos a seguir uma síntese dos principais achados, a partir da análise da literatura publicada entre 2010 e 2023.

Contaminação por elementos traços sobre organismos aquáticos: O estudo de Angeli et al. (2013), sobre a concentração de metais em tecido muscular do bagre amarelo (*Cathorops spixii*) e do bagre urutu (*Genidens genidens*), aponta que foram encontradas as concentrações médias de Zn (31 mg/Kg), As (17 mg/Kg), Cu (1,17 mg /Kg), Cr (0,62 mg / Kg) e Ni (0,28 mg/Kg) em *C. spixii*. Já para a *G. genidens* foram obtidas as concentrações de Zn (36 mg/Kg), As (4,78 mg/Kg), Cu (1,14 mg/Kg), Cr (0,51 mg/Kg) e Ni (0,14 mg/Kg). Os níveis de Cr e Cu foram menores em peixes de tamanhos maiores, enquanto o Ni tendeu a aumentar. Já para Arsênico, as concentrações nos tecidos musculares dos peixes de uma região rural, no município de Guaraqueçaba, foram maiores que as concentrações nos

tecidos musculares dos peixes da região de influência urbana, nos municípios de Antonina e Paranaguá (ANGELI, et al., 2013). Além disso, organoestânicos como o butilestano (BTs), principalmente tributilestano (TBT) foram analisados por Santos et al. (2014) no fígado do bagre marinho (*Cathorops spixii*) e os resultados apontam para maiores níveis de contaminação (52 a 330 ng g⁻¹) nos indivíduos capturados próximos ao Porto de Paranaguá.

As pesquisas de Trevizani et al. (2019) analisaram tecidos musculares e hepáticos de três espécies de peixes teleósteos demersais (*Stellifer rastrifer*, *Paralichthys brasiliensis* e *Isopisthus parvipinnis*) e a concentração de metais (Cu, Cr, Ni, Pb, Zn e Hg) e metalóides (As e Se). Mais uma vez, os peixes capturados nas proximidades do Porto de Paranaguá apresentaram maiores teores de Se e Zn, e as maiores concentrações de As, Cr e Ni foram detectados em *P. brasiliensis*, enquanto Zn apresentou concentrações mais elevadas em *S. rastrifer* e *I. parvipinnis*. O quociente de perigo para um determinado contaminante (THQ), que consiste na razão entre a exposição e a dose de referência recomendados pela *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) revelaram níveis de As, Cr, Pb e Se no músculo de *P. brasiliensis*, *S. rastrifer* e *I. parvipinnis* que podem afetar a saúde humana, as concentrações de As, Cr, Se e Pb ficaram acima dos limites da legislação para peixes (ANVISA, 2013), enquanto o nível de Zn estava acima dos limites permitidos para consumo de peixes, representando um problema de saúde pública.

A concentração de metais pesados (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Ba, Hg, Pb) foram analisadas em ostras ao longo do CEP por VIEIRA et al. (2021), que constatou níveis de As (0,5 a 1,56 mg/Kg) acima do limite permitido pela legislação e de Zn em altas concentrações (136,2 a 516,2 mg/Kg), embora para este último caso, cabe a ressalva de que o zinco apresenta altas concentrações em ostras naturalmente. Mesmo assim, o estudo revelou riscos à saúde humana que podem ser causados pelo consumo de ostras produzidas localmente, devido aos elevados níveis de As e Zn.

Resultados alarmantes foram apresentados por Trevizani et al. (2019) e Vieira, et al. (2021) sobre as concentrações de zinco em peixes das espécies *S. rastrifer* e *I. parvipinnis* e em ostras capturadas próximas ao Porto de Paranaguá, sendo notável a importância da análise da concentração desses elementos em espécies endêmicas do CEP para entender quais níveis tróficos estão sofrendo bioacumulação de Zn e quais as principais fontes de entrada desse composto no CEP.

Contaminação sobre sedimentos: A concentração de metais e de metalóides (As, Cu, Cr, Ni, Pb e Zn) em amostras de sedimentos da Baía de Laranjeiras foi analisada por Martins et al. (2012), tendo como maiores valores de As = 20.5 mg/kg, Cr = 56,1 mg /kg, Cu = 12.6 mg/kg, Ni = 23.2 mg /kg, Pb = 14,7 mg/kg e Zn = 52.1 mg/kg, detectados próximos ao subestuário do Itaqui, próximo às enseadas do Benito e de Guaraqueçaba. Segundo os autores, essa região apresenta uma área a montante dos efeitos das marés, podendo causar mistura de materiais marinhos e fluviais. Já Angeli (2020), detectou maiores concentrações de Al (30.619 mg kg⁻¹), Ca (21.641 mg kg⁻¹), K (7.028 mg kg⁻¹) em sedimentos da Baía

de Paranaguá, porém os metais tóxicos (Cu, Ni, Pb e Zn) não apresentaram níveis que indicam contaminação.

Com relação a concentração de metais em sedimentos dragados, o estudo de Simões-Neto et al. (2021), constatou a concentração de As (média de 0,17 mg/kg), Cd (0,13 e 1,6 mg/kg), Ni (0,17 a 9,7 mg/kg) e Zn (0,5 a 50,3 mg/kg). Já Trevizani (2021), avaliou a concentração de metais em amostras de sedimentos no CEP, e os resultados demonstraram que o ponto próximo à Ilha do Mel apresentou valores de Al (14.300,2 mg/kg), As (5,7 mg/kg), Cr (27,3 mg/kg), Fe (26.459,5 mg/kg), Ni (9,9 mg/kg), Pb (9,5 mg/kg), Zn (47,4 mg/kg), sendo que ambos os estudos apresentaram valores baixos de concentração de metais em sedimentos.

Contaminação atmosférica: A deposição atmosférica de elementos dissolvidos (Al, Fe, Zn, Mn, Ba, Ca, V, As, Cu, Co, Ni, Cr e Pb), foi investigada no CEP por Machado et al. (2016), sendo constatado que o zinco foi o elemento mais abundante e de maior concentração na água da chuva (27,6 µg/L) coletada próximo a indústrias de fertilizantes e terminais de combustíveis e granéis no município de Paranaguá. Esses valores podem ser resultado da presença do intenso tráfego de veículos que causam a queima de combustíveis fósseis e a dissolução do óxido de zinco gerado pela banda de rodagem dos caminhões. Em relação às altas concentrações e deposição atmosférica de Zn, os autores consideram que esse pode tornar-se um potencial fonte de contaminação.

Em contrapartida, Gurgatz et al., (2018), avaliaram os poluentes atmosféricos utilizando cascas das árvores obtidas em diversos pontos do município de Paranaguá. Para identificar a fonte da poluição utilizaram indicadores, sendo Cl, K e P (indicadores da fabricação de fertilizantes), Al, Ba e Mg (indicador de queima de óleos pesados) e Fe (indicador de atividade ferroviária). Os resultados apontam a presença de K e Cl em maiores concentrações em locais próximos aos armazéns de fertilizantes.

Contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos: A ocorrência de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) foi avaliada a partir dos estudos apresentados no Quadro 1.

Matriz	Tipo de Amostra	Concentração	Autor(es)
Sedimentos	Sedimentos marinhos	26,33 a 406,76 ng/g	Froehner et al. 2010
Sedimentos	Sedimentos marinhos	3,85 a 89,1 ng/g	Martins et al. 2012
Sedimentos	Sedimentos marinhos	< DL - 718 ng/g	Martins et al. 2015
Sedimentos	Sedimentos superficiais	0,6 a 63,8 ng/g	Cardoso et al. 2016
SPM	Material em suspensão	391 a 4164 ng/g	Cardoso et al. 2016
Sedimentos	Sedimentos superficiais	15,33 a 133,61 µg/g	Froehner et al. 2018
Água	Profundidade 50 cm	51,20 a 162,37 µg/g	Froehner et al. 2018
Plâncton	Plâncton	175,41 a 2096,1 µg/g	Froehner et al. 2018
Peixes	Músculo e fígado	26,52 a 2055 µg/g	Froehner et al. 2018
Sedimentos	Sedimento de mangue	< DL - 234,3 ng/g	Garcia & Martins 2021
Sedimentos	Sedimentos superficiais	< DL - 125,6 ng/g	Gurgatz et al. 2023

Quadro 1: Concentração de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) no CEP (2010-2023). Onde SPM =material particulado em suspensão.

Froehner et al. (2010) investigaram a presença de HPA sem amostras de sedimentos marinhos na Baía de Paranaguá, obtendo concentrações totais de 26,33 a 406,76 ng/g, apontando que os maiores valores foram encontrados em sedimentos com maior teor de carbono orgânico. Ao passo que Martins et al. (2012), para a Baía de Laranjeiras obteve a concentração de Σ 16 HPA (soma dos 16 HPA prioritários) variando de 3,85 a 89,1 ng/g. Neste caso, os maiores valores foram encontrados na entrada e no centro da Baía de Laranjeiras e próximo ao Porto de Paranaguá, indicando que os PAH na área de estudo eram predominantemente derivados da atividade portuária, podendo estar relacionada ao trânsito de navios e de pequenas embarcações.

Martins et al. (2015), realizaram a reconstrução histórica do aporte de HPAs utilizando testemunhos de sedimentos do CEP com predominância de fontes petrogênicas, relacionadas às atividades portuárias e de transporte aquaviário. Valores mínimos foram encontrados nas porções relativas até os anos 1930, quando o complexo portuário estava em desenvolvimento inicial. Estes valores aumentaram em até 10 vezes por volta de 1940-1950, período caracterizado pela intensificação das atividades industriais e portuárias na região, onde o porto está instalado atualmente. Esta época é conhecida na história do Antropoceno como “A Grande Aceleração”, que corresponde ao período pós Segunda Guerra Mundial, quando houve grande aceleração das economias de todo o mundo ocidental e forte industrialização (STEFFEN et al., 2015).

A investigação de Martins et al., (2015) demonstrou que os níveis de HPAs diminuíram entre os anos 1960 e 1980 devido aos períodos de seca, que influenciaram a hidrodinâmica local, assim como a crise global do petróleo no final da década de 1970. A partir dos anos 2000, as concentrações sobem até 718 ng/g entre 2002-2006, que pode estar relacionado

há dois derramamentos de óleo em rios que desaguam no CEP, e a explosão do navio chileno “Vicuña”, que derramou aproximadamente 4.000 toneladas de metanol e 1.400 m³ de óleos em região próxima ao porto (MARTINS et al., 2015).

Já a avaliação de HPAs realizada por Cardoso et al. (2016), indicou valores inferiores no sedimento superficial (0,6 a 63,8 ng/g) do que no material particulado em suspensão (391 a 4.164 ng/g) com fonte predominantemente pirolítica (queima de matéria orgânica ou combustíveis) no sedimento superficial, e petrogênicas no material particulado em suspensão. O estudo identificou no sedimento superficial, maiores valores localizados nas áreas internas e intermediárias do estuário, provavelmente devido à diminuição da corrente dos rios ao entrar no CEP, que propicia a deposição dos sedimentos. Já o material particulado em suspensão, seus maiores valores estão concentrados na entrada do CEP, provavelmente devido à constante entrada de HPAs pelo fluxo de embarcações no local.

Já Froehner et al. (2018), avaliaram a concentração de 16 HPAs em água, sedimentos e na biota. Devido aos valores encontrados nos sedimentos (Σ PAHs 15,33-133,61 μ g/g) na água (Σ PAHs 51,20–162,37 μ g/L) a área foi caracterizada como levemente poluída, porém as concentrações em peixes (26,52 a 2.055,00 μ g/g) e plâncton (175,41 a 2.096,10 μ g g⁻¹), foram 15 vezes maiores que as dos sedimentos, valores preocupantes devido às possibilidade desses compostos se bioacumularem. O cálculo do fator de bioacumulação (BAF) confirmou o efeito mesmo em áreas não consideradas poluídas, com menor concentração de PAHs em água e sedimentos.

Pela primeira vez foi analisada a concentração de 16 PAHs prioritários (EPA) em sedimentos de mangues do CEP. Sua concentração (< DL – 234,3 ng/g) foi maior do que em sedimentos de fundo e tiveram uma ordem de magnitude semelhante às aquelas de outros manguezais impactados, mas foram inferiores aos de outros manguezais por ele analisados fortemente impactados. Observou-se um nível moderado de contaminação antrópica, e as principais fontes prováveis de HPAs foram a navegação e os efluentes domésticos (GARCIA; MARTINS, 2021).

A investigação de Gurgatz et al., (2023) sobre HPAs em sedimentos superficiais, encontrou concentrações baixas (< DL a 125,6 ng/g) que não apresentaram riscos ambientais de acordo com as normativas. Os sedimentos do canal da Galheta e da Baía de Laranjeiras tinham poucas contribuições de variáveis sedimentares para o acúmulo de HAPs, indicando excelente qualidade ambiental frente à contaminação sedimentar por HAPs. Esta qualidade ambiental resultou não apenas pelos esforços de conservação das áreas, mas pelas características sedimentares favoráveis relacionadas com a matéria orgânica e o tamanho dos grãos.

Analisando em panorama a poluição por HPAs no CEP, os estudos demonstraram que os maiores valores encontrados foram em peixes e em plânctons (Froehner et al., 2018), constatando que esses compostos estão se bioacumulando nas espécies e conseqüentemente na cadeia alimentar, podendo causar risco a saúde humana. Porém, o

aumento dos HPAs no CEP pode estar atrelado ao acidente com o navio Vicuña (MARTINS et al., 2015), ou pode ser derivado dos materiais particulados em suspensão de fontes petrogênicas (CARDOSO et al., 2016). Gurgatz et al. (2023) e Martins, et al. (2012), encontraram valores baixos de HPAs na Baía de Laranjeiras, sendo que os valores mais elevados encontrados foram próximo ao terminal de embarque onde estão presentes embarcações pequenas, demonstrando que a Baía de Laranjeiras sofre menor influência das atividades antrópicas do Porto de Paranaguá.

Contaminação por esgoto: A contaminação orgânica pode ser investigada por meio dos marcadores orgânicos de esteróis fecais. Eles são usados como indicadores de contaminação fecal em ambientes aquáticos e terrestres.

Os marcadores orgânicos de esteróis fecais em sedimentos apresentaram valores elevados de coprostanol = 2,22 µg/g (MARTINS et al., 2010) e > 1,00 µg/g (MARTINS et al., 2011), no entorno do município de Paranaguá, demonstrando uma possível contaminação por esgoto. É notável que as pesquisas confirmam que o CEP está sofrendo contaminação por esgoto, provavelmente por lançamento clandestino. Segundo Martins et al. (2012), na Baía de Laranjeiras, as concentrações de coprostanol e de epicoprostanol em sedimentos estão abaixo dos limites de detecção (0,01 ng/g), indicando que a contaminação por esgoto não está afetando os sedimentos estuarinos investigados (MARTINS et al., 2012).

Souza et al. (2016) realizaram uma investigação para compreender a variação da macrofauna próximo à Ilha da Cotinga e em uma área de planície de maré, sendo definidos os locais de amostragem como aqueles que recebem uma carga de esgoto (contaminados) e regiões que não tiveram contato (não contaminado). Os locais considerados contaminados obtiveram coprostanol (<DL e 14 µg/g), coprostanol/coprostanol + colestanol (0,48 e 0,85), coprostanol/coprostanol + colesterol (0,12 e 0,77) e proporção de epicoprostanol para coprostanol foi <0,2 no local contaminado, indicando a presença de contaminação do sedimento por esgoto bruto. Além disso, o estudo demonstrou que a área contaminada tinha altos teores de coprostanol e confirmou a presença de *Paranais cf. frici* como indicador de enriquecimento orgânico.

A densidade e biomassa do anfioxo *Branchiostoma caribaeum* foi analisada ao longo de um gradiente de contaminação de esgoto identificado por esteróis fecais no CEP, os esteróis fecais e a alta atividade bacteriana estiveram diretamente relacionados com o lançamento crônico de efluentes de esgoto próximos a Paranaguá e envolvidos nas combinações de variáveis que melhor explicaram a variabilidade na densidade e biomassa de *B. caribaeum*, que foram significativamente menores do que em áreas com altas concentrações de esteróis fecais, porém a variação de dados biológicos encontrada em escalas menores pode estar relacionada a textura do sedimento (BARBOZA et al., 2013).

Para avaliar a distribuição espacial do esgoto, a entrada de matéria orgânica biogênica (MO) e fornecer *insights* comparativos sobre seu comportamento, composições e fonte, Cabral e Martins (2018) analisaram as concentrações de esteróis fecais em

sedimentos superficiais e material particulado em suspensão (SPM). As concentrações de coprostanol variaram de 0,49 a 0,94 µg/g em sedimentos dos locais próximo aos portos de Antonina e Paranaguá e de 1,78 a 2,67 µg/g em amostras de SPM em vários locais, incluindo regiões próximas ao porto de Antonina e Paranaguá e da Ilha do Mel, sendo que essas concentrações estão próximas ou superiores aos valores limite de contaminação por esgoto, indicando que zonas fluviais e de mistura estão sujeitas à influência de esgoto tanto na coluna d'água quanto nos sedimentos. A Baía de Laranjeiras não apresentou níveis de contaminação elevados por esteróis fecais (MARTINS et al., 2012), confirmando-a como uma área com maior qualidade ambiental e menor contaminação antrópica. Por outro lado, em áreas mais próximas ao Porto de Paranaguá, Souza et al. (2016), detectaram a presença do anelídeo *Paranais cf. frici* em locais que apresentam elevados valores de matéria orgânica e conseqüentemente apresentam esteróis fecais, assim como Barboza et al., 2013 perceberam que áreas com altas concentrações de esteróis fecais tinham menor densidade e biomassa de *B. caribaeum*. Ambas as espécies podem ser monitoradas como indicadores de contaminação por esgoto.

Outra maneira de identificar a presença de contaminação por esgoto é a utilização dos Alquilbenzenos Lineares (LABs) como marcadores químicos de entrada de esgoto. Cabral et al., (2018) avaliaram a concentração de LABs em água do CEP e observaram concentrações mais altas no verão (0,27 e 1,67 µg), em áreas de escoamentos do rio São João, Cubatão, Cachoeira e Nhundiaquara, localizados no entorno dos municípios de Guaratuba, Antonina e Paranaguá, porém na região interna da baía houve incompatibilidades entre locais com elevados níveis de LABs e locais conhecidos de entrada de efluentes. Considerou-se a relação entre o acúmulo de matéria orgânica e a processos biogeoquímicos naturais que ocorrem no verão com aumento das chuvas e, conseqüentemente, com o aumento da vazão dos rios que pode influenciar no aumento da concentração dos LABs, mesmo sem a entrada de esgoto conhecida.

Em material particulado em suspensão (SPM) e sedimentos superficiais, Cabral e Martins (2018) encontraram concentração de LABs totais no SPM (43,8 a 480,0 ng g⁻¹) e sedimentos superficiais (< DL a 21,0 ng/g), as maiores concentrações em SPM foram encontradas em locais de zona marinha em seguida de locais fluviais e em sedimentos, as maiores concentrações em sedimentos superficiais foram registradas em locais nas zonas fluviais e de mistura (próximo aos municípios de Paranaguá e Antonina). Os resultados desses LABs indicam que a Baía de Paranaguá está sob baixo impacto de esgoto considerando tanto a coluna d'água quanto os sedimentos superficiais.

O estudo de Cabral et al. (2018) demonstrou que fatores como acúmulo de matéria orgânica e processos químicos naturais podem influenciar na concentração de LABs no CEP. Para eles, as maiores concentrações detectadas em SPM e em sedimentos superficiais variaram por regiões de zona marinha, fluviais e de mistura. Apesar disso, os estudos não detectaram níveis alarmantes de LABs no CEP.

Contaminação por compostos químicos organoclorados (POC): Investigações realizadas na gordura de boto-cinzas (*Sotalia guianensis*) capturados acidentalmente entre 1995 e 2005 nas Baías de Guanabara, Sepetiba/Ilha Grande e Paranaguá apresentaram concentrações de PCBs, sendo que nos botos da Baía de Guanabara (Relação DDE/ Σ DDT: 79%) foram superiores às dos golfinhos de outras áreas do Hemisfério Sul. O estudo revela que há predomínio do dicloro-difenil-tricloetano (DDT) nos golfinhos da Baía de Paranaguá, que apresentaram maior contribuição de DDT (Relação Σ DDT/ Σ PCB: 1,33) na soma dos organoclorados analisados, refletindo a influência agrícola associada ao porto de Paranaguá (LAILSON-BRITO et al., 2010). Também analisaram amostras de gordura do boto (*Pontoporia blainvillei*) em relação aos DDTs nas mesmas regiões, para avaliar o tempo que esse composto está no meio, considerando que quanto maior a porcentagem de p, p'-DDE menos recente é a liberação de DDT no ambiente. Os resultados foram: Litoral norte de São Paulo (67%), litoral sul de São Paulo (72%) e litoral do Paraná (51%), confirmando que a utilização de DDT nessas regiões não é recente.

Em relação a distribuição vertical de PCBs em testemunhos de sedimentos, as concentrações de PCBs totais foram maiores na Baía de Paranaguá principalmente na camada 12 a 14 cm (> dL a 6,65 ng /g), do que em Antonina e na Ilha da Cotonga. Os testemunhos analisados quando comparados com as diretrizes de qualidade de sedimento, que avalia o risco potencial de sedimento para biota, apresentaram concentrações abaixo do valor permitido pela legislação brasileira e menores do que regiões urbanizadas e industrializadas como é o caso do Estuário de Santos (COMBI et al., 2013). Os congêneres clorados intermediários registraram maior contribuição (89,2% do total de PCBs) de PCB 66/95 [PCB 110 [PCB 101 [PCB 18 [PCB 132], sendo que esses apresentam característica de estarem mais perto dos locais que foram gerados devido a sua estrutura química, demonstrando que a fonte provável de PCBs nesse meio é o município de Paranaguá, devido à área urbanizada e portuária. A não detecção dos PCBs altamente clorados pode indicar que os congêneres estão próximos às margens ou em pontos não analisados.

A ocorrência de bifenilos policlorados (PCBs) foi verificada por Souza et al. (2018), assim como pesticidas organoclorados (COPs) em sedimentos superficiais (0–3 cm). Os COPs foram detectados em todas as amostras de sedimentos superficiais, e o grupo DDT (Σ DDT, DDD e DDE) apresentou as maiores concentrações (<DL a 3,22 ng g⁻¹). Outros OCPs, como metoxicloro (<DL a 2,55 ng g⁻¹), mirex (<DL a 0,54 ng g⁻¹), endosulfan (<DL a 0,52 ng g⁻¹) e heptacloro (<DL a 0,22 ng g⁻¹) foram encontrados na área analisada; de modo com que as maiores concentrações PCBs e COPs foram detectadas nas partes internas do CEP, principalmente nas áreas portuárias de Paranaguá e Antonina.

Os estudos de Lailson-Brito et al. (2010 e 2011) e Souza et al. (2018), também detectaram a presença de dicloro-difenil-tricloetano (DDT) no CEP, e igualmente constataram que as concentrações não são recentes. Em 1985, o governo brasileiro proibiu seu uso na agricultura e, em 2009, proibiu sua fabricação, importação e comercialização. Cabe

ressaltar que o Porto de Paranaguá exporta cargas de soja, milho e farelo de soja, além disso a região de Morretes e Antonina movimenta uma parcela pequena de agricultura, de modo, com que os valores encontrados de DDT podem ser de origem do uso pretérito das cargas portuárias ou de regiões de agricultura presentes nas regiões circunvizinhas ao CEP movimentadas até o final da década de 1980. Porém, sua contaminação permanece nos ambientes estuarinos até os dias atuais.

Em relação aos hidrocarbonetos alifáticos, Martins et al. (2012) avaliaram a concentração na Baía de Laranjeiras para determinar a origem de matéria orgânica e o estado de contaminação dos sedimentos, sendo a concentração total de hidrocarbonetos alifáticos igual a 0,28 a 8,19 $\mu\text{g/g}$, e a concentração total de n-alcano igual a 0,10 a 6,06 $\mu\text{g/g}$. As baixas concentrações e a predominância de n-alcenos nas amostras descartam a possibilidade de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo. Ribeiro et al. (2013), observaram a presença de misturas complexas não resolvidas (UCM) nas amostras na Baía de Paranaguá com valores máximos encontrados de 46,89 $\mu\text{g/g}$, possivelmente provenientes de resíduos de petróleo bruto ou degradado por microrganismos. No entanto, um indicativo de contaminação na Baía de Paranaguá foi encontrado devido à alta concentração de hidrocarbonetos alifáticos totais (Σ -HAs) e UCM/R > 5,0 próxima a área portuária. Isso não foi observado nas amostras provenientes da Baía de Laranjeiras. Os resultados de Martins et al. (2015), apontam uma concentração máxima de HAs totais em sedimentos de seção de 4–6 cm (722,6 $\mu\text{g/g}$), evidenciando uma possível contaminação crônica. Além disso, as concentrações totais de HAs superiores a 100 $\mu\text{g/g}$ ocorreram entre 14 e 19 cm, e as camadas superiores (0–2 e entre 4 e 8 cm) pareciam estar contaminadas por petróleo.

Barboza et al. (2015), verificaram a variação nos padrões de distribuição de estrelado-mar ao longo de um gradiente de contaminação identificado por hidrocarbonetos alifáticos na Baía de Paranaguá. Embora modulados pela variação de fundo, o padrão está nitidamente relacionado à contaminação de sedimentos, sendo que *A. januarii* é a espécie predominante e pode ser utilizada como um indicador biológico de perturbação por contaminação por hidrocarbonetos em estuários

Em locais próximos às atividades portuárias foi constatada a presença de HAs em altas concentrações sendo confirmado a contaminação por HAs, que podem ser delas provenientes (RIBEIRO et al., 2013; MARTINS, et al., 2015). Já Martins et al. (2012) não detectaram contaminação por HAs na Baía de Laranjeiras.

As pesquisas sobre plásticos e microplásticos (MPs), de Possatto et al. (2015), coletaram plásticos e microplásticos através de redes de arrasto, sendo recolhidos 269 peças de plástico (92,4%), 10 de metal (3,4%), 5 de roupas (1,7%), três embalagens longa vida (1%), dois itens de espuma (0,7) e um pedaço de vidro e couro; cabendo ressaltar que os maiores índices de detritos ocorreram próximas ao município de Paranaguá e área portuária.

Já Mengatto; Nagai (2022), verificaram a presença de microplásticos (1–5 mm) em sedimentos de praias arenosas do CEP, encontrando partículas de MPs na maioria dos locais de amostragem (total = 389 itens), com exceção da Ilha Rasa da Cotinga, Rio Itiberê e Pontal da Pita. A Ponta do Ubá (91 itens) e a Vila das Peças (50 itens) obtiveram maior número de itens repetidos. Os MP encontrados correspondiam a espuma (63,7%), fragmentos de plástico duro (13,8%), fragmentos de tinta (12,8%), *pellets* (7,2%), plásticos macios (filme, 1,8%) e linhas (0,5%), sendo que os *pellets* podem ser introduzidos no ambiente através de embarcações marítimas e atividades portuárias durante o transporte ou carregamento e os fragmentos de tintas podem ser derivados de barcos e navios, como cais e plataformas de petróleo.

Outro estudo buscou avaliar a presença de microplásticos em organismos de ostras ao longo do CEP, de modo com que os microplásticos foram encontrados em todas as ostras, com uma média de 9,6 itens por 150 mg de hepatopâncreas. O resultado foi maior do que estudos em outros países, porém a pesquisa extraiu apenas o hepatopâncreas das ostras. A maior quantidade de MP foi detectada em ostras coletadas em locais do entorno do Porto de Antonina e de Paranaguá, mas parece plausível mencionar que os MP podem entrar na cadeia trófica (VIEIRA et al., 2021).

CAMINHOS POSSÍVEIS PARA O USO SUSTENTÁVEL DO CEP

Este panorama do conhecimento científico sobre contaminação ambiental do Complexo Estuarino de Paranaguá, analisado para os últimos 13 anos (2010-2023), demonstrou que este ecossistema se encontra comprometido por diversos tipos de contaminantes e que a poluição está afetando em maior ou menor grau diversos organismos, componentes e ambientes. Há indicativos significativos apontados pelos resultados das pesquisas expostas de que os maiores níveis de contaminação estão diretamente relacionados com a atividade portuária, principalmente no município de Paranaguá. Também é evidente que quanto maior a proximidade com a área portuária e o município de Paranaguá, maior é a contaminação pelas distintas fontes de poluição investigadas.

Ressalta-se que esta visão panorâmica sobre o estado da arte da contaminação do CEP é limitada aos contaminantes selecionados pelos pesquisadores, portanto desde já, consideramos que tratam-se de resultados subestimados, frente a quantidade de tipos de contaminantes potencialmente ocorrentes neste estuário e que podem ser investigados futuramente, bem como seus efeitos sobre a biota local e suas relações ecológicas, sobre a saúde humana, bem como a saúde ecossistêmica e as relações socioeconômicas territoriais.

Por outro lado, esta síntese revela, à luz do conhecimento produzido até então, que algumas fontes de contaminação, como o DDT, estão presentes historicamente, mas não possuem novos aportes, devido a sua proibição no Brasil. Por outro lado, as pesquisas

sobre microplásticos estão apenas começando e poderão revelar aspectos preocupantes. Ao mesmo tempo, é notável que algumas fontes de contaminantes são completamente passíveis de serem eliminadas com políticas e comprometimento públicos, como por exemplo, a atenção especial à ampliação da cobertura da rede de esgoto dos municípios de Paranaguá e Antonina. Há também como diminuir casos de acidentes com contaminantes perigosos, estabelecendo-se planos de gestão ambiental voltados ao controle de riscos e ampliando o rigor na responsabilização dos danos.

Por fim, cabe a menção de que o CEP é um importante ecossistema socionatural, onde milhares de pessoas vivem e dele dependem como base do seu sustento e modo de vida. Buscar eliminar os focos de contaminação passíveis de serem eliminados e monitorar espécies e elementos indicadores em todo o CEP além de ampliar a escala de proteção ambiental para os ambientes estuarinos saudáveis é condição prioritária para que os serviços ecossistêmicos continuem beneficiando os organismos, incluindo a dimensão humana da biodiversidade. Neste sentido, a Baía de Laranjeiras desponta como localidade para se cuidar e restringir o uso industrial, uma vez que foi indicada em muitos estudos como o ecossistema mais saudável e bem conservado do CEP. Proteger a Baía de Laranjeiras do uso industrial pode ser a prioridade de conservação no Litoral do Paraná, tendo como premissa fundamental sua condição e vocação para o uso sustentável.

REFERÊNCIAS

ANGELI, J.L. et al. Arsenic and other trace elements in two catfish species from Paranaguá Estuarine Complex, Paraná, Brazil. **Environ Monit Assess**, v.185, n.10, p.8333-8342, 2013.

ANGELI, J.L.F. et al. Geochemical mapping in a subtropical estuarine system influenced by large grain-shipping terminals: Insights using Metal/Metal ratios and multivariate analysis. **Environmental Earth Sciences**, v. 79, n. 19, p. 443, 23 set. 2020.

ANGELI, J.L.F. et al. Statistical assessment of background levels for metal contamination from a subtropical estuarine system in the SW Atlantic (Paranaguá Estuarine System, Brazil). **Journal of Sedimentary Environments** 5, 137–150. 2020b.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde. Resolução RDC Nº 42 de 29 de agosto de 2013.

BARBOZA, C.A.M.; MARTINS, C.C.; LANA, P.C. Dissecting the distribution of brittle stars along a sewage pollution gradient indicated by organic markers. **Marine Pollution Bulletin**, v. 100, n.1, 2015.

CABRAL, A.C.; MARTINS, C.C. Insights about sources, distribution, and degradation of sewage and biogenic molecular markers in surficial sediments and suspended particulate matter from a human-impacted subtropical estuary. **Environmental Pollution**, v.241, p. 1071-1081, 2018.

CABRAL, A.C. et al. Tracking the historical sewage input in South American subtropical estuarine systems based on faecal sterols and bulk organic matter stable isotopes ($\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$). **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 855–864, 2019.

CAMPOS-NETO, C.A.S. et al. **Portos brasileiros 2009: ranking, área de influência, porte e valor agregado médio dos produtos movimentados.** n.1408, 2009.

CATTANI, P.E., LAMOUR, M.R. Considerations Regarding Sedimentation Rates along the E-W Axis of the Paranaguá Estuarine Complex, Brazil: A Bathymetric Approach. **Journal of Coastal Research**, 32, 619–628. 2016.

CARDOSO, F. D.; DAUNER, A. L. L.; MARTINS, C. C. A critical and comparative appraisal of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and suspended particulate material from a large South American subtropical estuary. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 219–229, 2016.

CLAUDINO-SALES, V. Atlantic Forest Southeast Reserves, Brazil. In: Claudino-Sales, V. (Ed.), **Coastal World Heritage Sites**, Springer Netherlands, Dordrecht, p.193–198. 2019.

COMBI, T. et al. Sources and Temporal Patterns of Polychlorinated Biphenyls Around a Large South American Grain-Shipping Port (Paranaguá Estuarine System, Brazil). **Arch Environ Contam Toxicol**, v. 64, p.573–582, 2013.

FROEHNER, S.; MARTINS, R. Avaliação da composição química de sedimentos do Rio Barigüi na região metropolitana de Curitiba. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2020-2026, 2008.

FROEHNER, S.; et al. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments and their potential toxic effects. **Environ Monit Assess**, v. 168, n. 1-4, p.205-2013, 2010.

FROEHNER, S.; MACENO, M.; MACHADO, K. S. Predicting Bioaccumulation of PAHs in the Trophic Chain in the Estuary Region of Paranaguá, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 174, n. 1, p. 135–145, 2011.

FROHNER, S.; et al. PAHs em Água, Sedimentos e Biota em Área com Atividades Portuárias. **Arch Environ Contam Toxicol**, v.75, p.236–246, 2018.

GÓES, L.M., PARRILI, T., FOPPA, C.C. Território Guarani Sambaqui e o Complexo Portuário em Ponta do Paraná, injustiças socioambientais no ordenamento territorial. **Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas**, 14, 30–56. 2020.

GURGATZ, B.M. et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in a Natural Heritage Estuary influenced by anthropogenic activities in the South Atlantic: Integrating multiple source apportionment approaches. **Marine Pollution Bulletin**, v. 188, 2023.

GURGATZ, B.M. et al. Atmospheric metal pollutants and environmental injustice: A methodological approach to environmental risk analysis using fuzzy logic and tree bark. **Ecological Indicators**, v. 71, 2016, p. 428-437.

LAILSON-BRITO, P.R. et al. Organochlorine concentrations in franciscana dolphins, *Pontoporia blainvillei*, from Brazilian waters, **Chemosphere**, v. 84, n. 7, 2011.

LANA, P.C. et al. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger, U., Kjerfve, B. (Eds.), **Coastal Marine Ecosystems of Latin America**, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, p.131–145, 2001.

LIMA, D.P. et al. The impact of Chinese imports of soybean on port infrastructure in Brazil, A study based on the concept of the “Bullwhip Effect.” **Journal of Commodity Markets** 9, 55–76. 2018.

- MACHADO, E.C. et al. Preliminary Study about the Origin of Trace Elements in the Atmospheric Deposition in Two Brazilian Subtropical Estuaries. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, n.4, p.735–744, 2016.
- MARONE, E., MACHADO, E.C., LOPES, R.M., SILVA, E.T. da. Land-ocean fluxes in the Paranaguá Bay estuarine system, southern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography** 53, 169–181. 2005.
- MARTINS, C.C. et al. Anthropogenic organic matter inputs indicated by sedimentary fecal steroids in a large South American tropical estuary (Paranaguá estuarine system, Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v.60, n. 11, p.2137-2143, 2010.
- MARTINS, C.C. et al. Input of organic matter in a large south american tropical estuary (Paranaguá Estuarine System, Brazil) indicated by sedimentary sterols and multivariate statistical approach. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.22, n.8, p. 585–1594, 2011.
- MARTINS, C.C. et al. Multi-molecular markers and metals as tracers of organic matter inputs and contamination status from na Environmental Protection Area in the SW Atlantic (Laranjeiras Bay, Brazil). **Science of The Total Environment**, v.417–418, p. 158-168, 2012.
- MARTINS, C.C. et al. Coupling spectroscopic and chromatographic techniques for evaluation of the depositional history of hydrocarbons in a subtropical estuary. **Environmental Pollution**, 205, 403–414. 2015.
- MENGATTO, M.F.; NAGAI, R.H.A First assessment of microplastic abundance in sandy beach sediments of the Paranaguá Estuarine Complex, South Brazil (RAMSAR site). **Marine Pollution Bulletin**, v. 177, 2022.
- MUELLER, N.; WESTERBY, M.; NIEUWENHUIJSEN, M. Health impact assessments of shipping and port-sourced air pollution on a global scale: A scoping literature review. **Environmental Research**, v. 216, 114460, Part 1, 2023.
- ONOFRE, E.V.; ANTIGUERA, M.S.; QUADROS, J. Conflito socioambiental: o caso da comunidade tradicional do Maciel frente à ameaça industrial e portuária em Pontal do Paraná, litoral paranaense. **Realização**, v.5, n. 9, p.06–13, 2018.
- ONOFRE, E.V. et al. The lack of cumulative impact analysis in the environmental licensing of the Industrial Port Complex at Pontal do Paraná, on the southern coast of Brazil. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, n. 2, p. 111-128, 2022.
- PALADINO, I.M. et al. End-member modeling and sediment trend analysis as tools for sedimentary processes inference in a subtropical estuary. **Estuarine, Coastal and Shelf Science** 278, 108126. 2022.
- PIGOSSO, A. M. B. O Licenciamento Ambiental e o Território a Ver Navios: dilemas do desenvolvimento sustentável no Litoral do Paraná. Doutorado em Geografia, Universidade Federal do Paraná, 2022.
- RIBEIRO, C.G. et al. Ardra profiles of bacteria and archaea in mangrove sediments with different levels of contamination in the estuarine complex of Paranaguá, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.56, n.2, p. 275–281, 2013.
- SIMÕES-NETO, J.A. et al. Quality and Disposal of Dredged Sediments from Tidal Deltas in Subtropical Bays in Southern Brazil. **Bull Environ Contam Toxicol**, v.107, p.114-123, 2021.

SOUZA, F.M. et al. Complex spatial and temporal variation of subtropical benthic macrofauna under sewage impact. **Marine Environmental Research**, v.116, 2016.

STEFFEN, W. et al. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. **The Anthropocene Review**, v.2, n.1, p.81-98, 2015.

TREVIZANI, T.H. et al. Assessment of metal contamination in fish from estuaries of southern and southeastern Brazil. **Environ Monit Asses.** v.191, n.308, p.1-16, 2019.

TREVIZANI, T.H. et al. Metals in sediments as indicators of anthropogenic impacts in estuaries of south-southeast Brazil. **J. Sediment. Environ.** 6, 417–430, 2021.

VIEIRA, K.S. et al. Occurrence of microplastics and heavy metals accumulation in native oysters *Crassostrea Gasar* in the Paranaguá estuarine system, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v.166, 2021.

WILHELM, M.M. et al. Variability of sedimentary organic matter in subtropical estuarine systems due to anthropogenic and climatic events. **Environmental Earth Science**, 82, 22. 2023.

PRELIMINARY DIAGNOSIS OF AGROFORESTRY BACKYARDS IN THE COMMUNITY OF CARUARU, MOSQUEIRO ISLAND, BELÉM-PA

Data de aceite: 02/05/2024

Antônio Pereira Júnior

PhD in Environmental Sciences
Universidade do Estado do Pará

Carlos José Capela Bispo

PhD in Environmental Sciences
Universidade do Estado do Pará

Elan Cristina Melo Lemos

PhD in Environmental Sciences
Faculdade Metropolitana da Amazônia

Sayda Suely Santos Antônio Rosa

MSc in Environmental Sciences
Universidade do Estado do Pará

Breno Pinto Raiol

PhD in Biodiversity and Biotechnology
Universidade Federal Rural da Amazônia

Jéssica Herzorg Viana

Doctorate in Entomology
Universidade do Estado do Pará

Ana Claudia Caldeira Tavares Martins

PhD in Botany
Universidade do Estado do Pará

ABSTRACT: Agroforestry backyards are biodiverse, have social, environmental, cultural, economic and climate-regulating functions. These systems may involve consortia with agricultural, forestry and/or animal species in the same area. The main objective of the research was to diagnose, in a preliminary manner, the current state of the flora and the strata of an agroforestry yard in the community of Caruaru, Mosqueiro, Belém-PA. The research is of the quantitative, qualitative, exploratory and descriptive type, and was conducted in November 2022, in two field visits. We found 42 species: food uses ($n = 28.0$; 67%) with the majority occupying the upper stratum ($n = 22.0$; 52.3%); medicinal uses ($n = 8.0$; 19.0%), most frequently in the lower stratum ($n = 5.0$; 62.5%), and ornamental uses ($n = 6.0$; 14.0%), where the majority occupy the lower stratum ($n = 5.0$; 83.3%). Moreover, it can positively influence the conservation of local biodiversity and sustainability, as well as assisting in the maintenance of the traditional knowledge of that community, as to the use and occupation of the land.

KEYWORDS: agro-biodiversity, self-consumption, agroforestry systems.

DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE QUINTAIS AGROFLORESTAIS NA COMUNIDADE DE CARUARU, ILHA DO MOSQUEIRO, BELÉM-PA

RESUMO: Os quintais agroflorestais são biodiversos, possuem funções sociais, ambientais, culturais, econômicas e regulam o clima. Esses sistemas podem envolver consórcios com espécies agrícolas, florestais e/ou animais em uma mesma área. A pesquisa teve como principal objetivo diagnosticar, de forma preliminar, o estado atual da flora e dos estratos de um quintal agroflorestal da comunidade de Caruaru, Mosqueiro, Belém-PA. A pesquisa é do tipo quantitativa, qualitativa, exploratória e descritiva, e foi realizada em novembro de 2022, em duas visitas de campo. Encontrou-se 42 espécies: usos alimentares (n= 28,0; 67%%) com a maioria ocupando o estrato superior (n = 22,0; 52,3%); medicinais (n = 8,0; 19,0%), com maior frequência no estrato inferior (n = 5,0; 62,5%), e ornamentais (n = 6,0; 14,0 %), onde a maioria ocupa o estrato inferior (n = 5,0;83,3%. Assim, conclui-se que a diversificação de espécies ocupando diferentes estratos nos quintais, pode influenciar positivamente na conservação da biodiversidade local e sustentabilidade, bem como auxilia na manutenção dos saberes tradicionais daquela comunidade, quanto ao uso e ocupação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Agrobiodiversidade. Autoconsumo. Sistemas Agroflorestais.

INTRODUCTION

Agroforestry systems (SAFs), which include agroforestry yards, have a high capacity for regenerating environments and regulating the climate, providing improved pollination, environmental preservation, an increase in soil carbon stocks and biomass, and consequently a reduction in the impacts of global warming (MOURA et al., 2021).

In the Brazilian Amazon, especially in Pará, the diversification of SAFs, in the form of backyards, provides economic, socio-environmental and even cultural benefits to the traditional communities that exist there, since the commercial balance and sustainability of large and small-scale production, the marketing of food, medicinal plants, ornamental plants, resources for handicrafts and wood, become alternative sources of income and the supply of local products to the families that have developed them (MORAES et al., 2022).

In the state of Pará, specifically on the island of Mosqueiro in Belém, there are instances of traditional communities cultivating agroforestry backyards, such as the community of Caruaru, which, according to reports from local residents, has been trying to preserve the environment with the use of diversified backyards for over a century, in an area of várzea and terra firme. This practice facilitates an efficient relationship of exchange and care, as well as the maintenance and balance with the environment, since it enables the multiplication of knowledge that is acquired between local generations (CORRÊA et al., 2022).

Agroforestry backyards can be used as a tool for the use and conservation of soil, plants, animals, water and other natural resources, especially food species, contributing to better food security and the preservation of genetic heritage. The aim of this research is to make a preliminary diagnosis of the current state of the flora and strata of agroforestry

backyards in the Caruaru community, located on Mosqueiro Island in Belém - Pará.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted on Mosqueiro Island, in the Caruaru Community (Figure 1), a district of Belém, the capital of the state of Pará, which is 60 km from the city center, located in the northwestern region of that state. The Caruaru Community is home to 41 families descended from the pioneer residents (SOUZA, 2021). With agroforestry backyards.



Figure 1 - Location map of the Caruaru Community. Mosqueiro Island, Belém, Pará.

Source: Souza, (2021).

The study in Caruaru was originally of a primary nature, with quantitative and qualitative approaches. As summarized by Ferreira (2011). The former allows numbers to be translated into statistics (e.g. mean, absolute and relative frequencies). For the second, this author informs us that this approach expresses the dynamic relationship between the subject and the environment, as the natural environment becomes the best means for collecting data and researchers are the key instruments in this action; the exploratory investigation was carried out using electronic links from the Marlene Freitas da Silva Herbaria, of the State University of Pará, and the Federal University of Pará; among others, to check the type of plant and identify the scientific name and family to which they belong.

The on-site investigation took place over two trips (November 9 and 10, 2022). An area was randomly selected at the site. The plant species were then visually identified to check for the presence of food, fruit, forest, medicinal and ornamental species in the three vertical stratifications of the community systems (RAYOL, B.; RAYOL, Y., 2021):

- 1) lower stratification (more creeping plants close to the ground, such as herbs); 2)

middle stratification (plants over 1m high, such as a shrub), and 3) upper stratification with plants whose heights were close to the climax of the system, such as trees.

RESULTS AND DISCUSSION

Uses and strata of the botanical species identified

Analysis of the data obtained indicated that the 42 species have a variety of uses (Figure 2a), with a predominance of those whose main use is food ($n = 28.0$; 60.0%) with palm trees (*Arecaceae*) in greater quantity ($n = 5.0$; 22.7%), and a small number of ornamental species (Figure 2b).

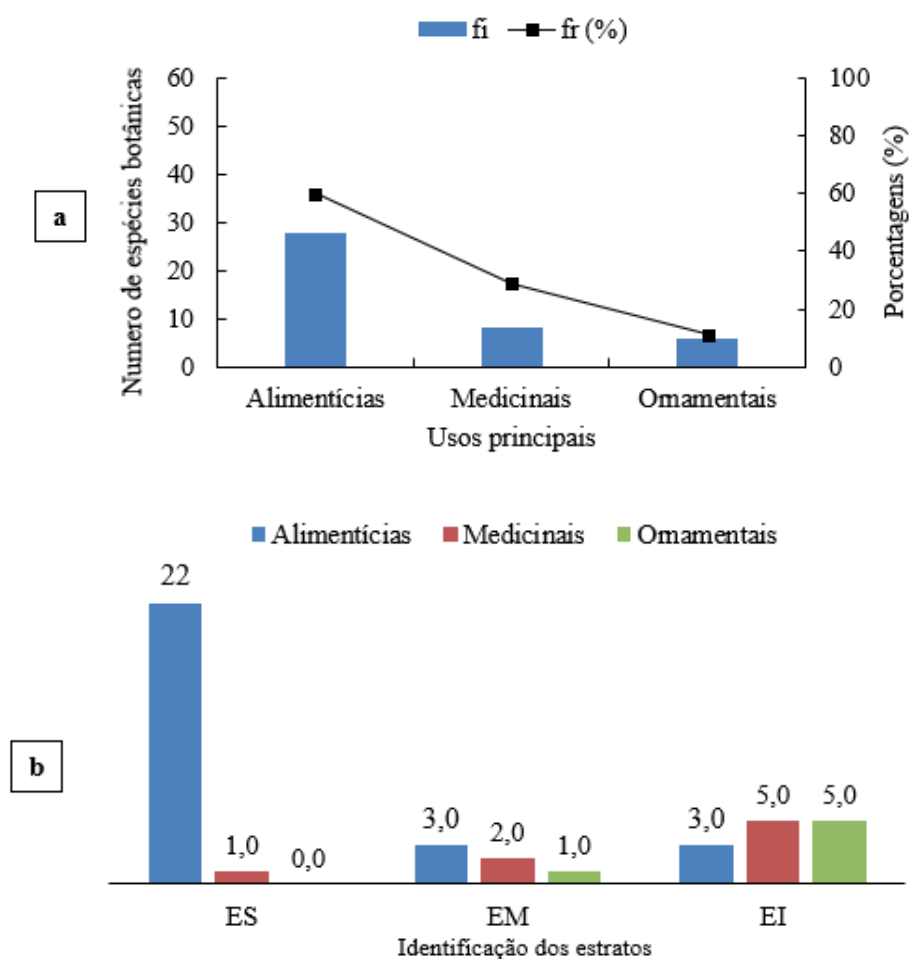


Figure 2. a) Absolute (fi) and relative (fr%) frequency values of the botanical species identified; b) Distribution of these species in the upper (ES), middle (EM) and lower (EI) strata. Caruaru Community, Mosqueiro Island, Belém, Pará.

Figure 2 shows that, in the agroforestry yard analyzed, food species occur in greater quantity than the other two categories, which also occur in this area. Regarding the greater presence of fruit species in agroforestry yards, Castro et al. (2020 and Corrêa et al. (2022) carried out studies in Santarém-PA and Mosqueiro Island, respectively, concluding that this predominance is indicative of the maintenance of agroforestry yards and the community's predilection for these species. In these studies, bacuri (*Platonia insignis* Mart. Family Clusiaceae), açai (*Euterpe oleracea* Mart. Family Arecaceae) and Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpland. Family Lecythidaceae) were found to be the species with the greatest presence, belonging to the food category.

List of botanical species identified

The species found in the agroforestry yard were identified, and the botanical family, scientific and vernacular name, and the main use of each species by the Caruaru community were listed.

Families	Scientific name	Vernacular name	U.P	ES	EM	EI
Anacardiaceae	<i>Anacardium giganteum</i> Hancock ex Engl.	Cashew from the forest	A	X	-	-
	<i>Mangifera</i> spp.	Mango	A	X	-	-
	<i>Spondias mombin</i> L.	Taperebá	A	X	-	-
Arecaceae	<i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.	Tucumã	A	X	-	-
	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunha	A	X	-	-
	<i>Cocos nucifera</i> L.	Coconut	A	X	-	-
	<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Acai	A	X	-	-
	<i>Oenocarpus bacaba</i> Mart.	Bacaba	A	X	-	-
Asparagaceae	<i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer ex Hook.	Ogum's whip	Or.	-	-	X
	<i>Sansevieria</i> sp. Thumb.	Sword of Joan of Arc	Or.	-	-	X
	<i>Sansevieria trifasciata</i> Prain	Sword of St. George	Or.	-	-	X
Averrhoaceae	<i>Averrhoa bilimbi</i> L.	Cayenne lemon	A	X	-	-
Bignoniaceae	<i>Mansoa alliacea</i> (Lam.) A. H. Gentry.	Garlic vine	M	--	X	-
Costaceae	<i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw.	Canarana	A	-	-	X
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> L.	Pineapple	A	-	-	X
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	A	X	--	-
Clusiaceae	<i>Platonia insignis</i> Mart.	Bacuri	A	X	-	-
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium scolentum</i>	Fern	Or.	-	X	-
Euphorbiaceae	<i>Manihot esculenta</i> Crantz.	Cassava	A	-	X	-
Fabaceae	<i>Canajus cajan</i> (L) Millsp.	Guandú beans	A	-	X	-
	<i>Senna</i> spp.	Paramarioba	M	-	-	X
Humiriaceae	<i>Endopleura uchi</i> (Huber) Cuatrecasas	Uxi	A	X	-	-

Lamiaceae	Coleus sp.	Bilberry	M	-	-	X
	Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng.	Malvarisco	M	-	-	X
	Vitex agnus-castus L.	Pau D'Angola	M	-	X	-
Lauraceae	Ocotea corymbosa (Meissn.) Mez	Cinnamon	M	X	-	-
Lecythidaceae	Bertholletia excelsa Bonpland	Brazil nuts	A	X	-	-
Malvaceae	Theobroma cacao L.	Cocoa	A	X	-	-
Mimosoideae	Inga edulis Mart.	Ingá	A	X	-	-
Myrtaceae	Psidium guajava L.	Guava	A	X	-	-
	Syzygium malaccense (L.) Merr. & L. M. Perry	Jambo	A	X	--	-
Moraceae	Artocarpus heterophyllus Lam.	Jackfruit	A	X	-	-
Musaceae	Musa paradisiaca L.	Banana	A	-	X	-
Oxalidaceae	Averrhoa carambola L.	Carambola	A	X	-	-
Piperaceae	Peperomia pellucida (L.) H.B.K.)	Jaboti herb	M	-	-	X
Portulacaceae	Chaptalia nutans (L.) Polk.	Cow tongue	M	-	-	X
Rutaceae	Citrus limon (L.) Osbeck	Lemon	A	X	-	-
Sapotaceae	Pouteria caimito Ruiz & Pav.	Abiu	A	X	-	-
Sterculiaceae	Theobroma grandiflorum (Willd. Ex Spreng.) Schum.	Cupuaçu	A	X	-	-
Umbelliferae	Eryngium foetidum L.	Chicory	A	-	-	X
Zingiberaceae	Alpinia purpurata (Vieill.) K. Shum.	Alpine	Or.	-	-	X
	Zingiber spectabile Griff.	Shampoo	Or.	-	-	X

Captions: U.P. = Form of use by the community M = Medicinal; A = Food; Or = Ornamental. ES = Upper stratum, trees; MS = Middle stratum, shrubs; EI = Lower stratum, herbs and others. Based on data collected by the authors.

Table 1. Families, scientific and vernacular names, main use and vertical strata occupied by botanical species identified in the Caruaru Community, Mosqueiro Island, Belém, Pará.

In the study carried out in the west of Pará by Rayol and Miranda (2019), it was found that most of the plants in this type of yard are primarily used for food.

Food species

Among the food species ($n = 28.0$; 67%), two of them, guandú beans (*C. cajan*) and manioc (*M. esculenta*), in addition to their nutritional value, have commercial values that allow the community of Caruaru to have a composition of plant species with alternating cycles, which makes it easier for them to rebuild their income due to the scarcity caused by the alternating seasonality of these species. Guandú beans (*C. cajan*) and cassava (*M. esculenta*) can and are used in agroforestry systems, which include agroforestry yards, because they are systems whose economic development is widely viable. In this vein, Farias et al. (2022), based on a literature review, concluded that the combination of agricultural species, when associated with forest species, makes rural properties economically feasible. In addition, Sousa et al. (2020), in a study carried out in Santarém-PA, summarized that

these areas are generally located around the homes themselves and that one of the goals is to generate a surplus to make up the income of these families.

It can be seen that the Arecaceae Family ($n = 5.0$; 62.5%), i.e. palm trees, are predominant, although there are other food tree species in this yard. In the municipality of Moju, Nascimento, Cristóvão and Rayol (2021) carried out research in a rural community and concluded that the species *E. oleracea*, *C. nucifera* and *M. indica* are important for food security in rural communities in the Amazon context, which are generally economically insecure, in addition to the distance between homes and the places where goods flow most.

Medicinal species

Analysis of the data obtained indicated that, in relation to the total number of species identified ($n = 8.0$; 19.0%), the family with the most evidence was Lamiaceae ($n = 3.0$; 37.5%). As for the diversity of medicinal plant families, Moura et al. (2021) carried out a survey in the municipality of Igarapé-Açu-PA and concluded that these plants are frequent, being numerically superior ($n = 15.0$; 31.91%) when compared to ornamental plants ($n = 7.0$; 14.89%) and timber plants ($n = 7.0$; 14.89%).

All the botanical species considered “medicinal” by those communities that grow them in their backyards are intended to meet an urgent need, the solution to which will be the use of one of them, alone or in combination, whether in the form of tea, infusion, ointment or macerated. This is the responsibility of the women, and they do it, according to Rayol and Silva (2019), in suspended wooden structures, then called “jiraus”. Regarding this type of cultivation in agroforestry backyards, Pauletto et al. (2020) carried out a study in the Alto Jari Community, in the municipality of Santarém - PA, and concluded that the maintenance of these areas is carried out by at least two individuals, and that medicinal species are more frequent when compared to vegetables.

With regard to women in this context, Nobre et al. (2020) carried out a study in the municipalities of Capitão Poço, Irituia and Garrafão do Norte, all in the north-east of Pará, and concluded that in addition to contributing to the family’s diet, they also work with vegetables used for therapeutic purposes and thus maintain the traditional knowledge of their ancestors.

Ornamental species

As for ornamental species ($n = 6.0$; 10.9%), two families, Asparagaceae (three species) and Zingiberaceae (two species), were identified in the area analyzed. In addition to these, there was one individual belonging to the Dennstaedtiaceae family (Table 1). Research such as that carried out by Rayol et al. (2019), in the 344 backyards surveyed in 14 municipalities in Pará, found 23.5% of the 252 plant species identified as ornamental, a greater diversity than that found in our state. In the quilombola territory of Porto Alegre, in Cametá-PA, Dias et al. (2020) identified ornamental species in small quantities, among

the 20 species they identified. Ornamental species are cultivated to improve the landscape effect, in addition to contributing to botanical diversity, as well as serving as habitats for invertebrate species, increasing environmental sustainability in these backyards.

CONCLUSION

The agroforestry backyards of Caruaru are characterized by the richness of plants occupying the different strata of vegetation, with the prevalence of species belonging to the upper stratum, most of which are food crops. The diversification of species in different strata can have a positive influence on the conservation of agrobiodiversity, serving as a basis for sustainability.

REFERENCES

- CASTRO, M. S. A.; LOBATO, C. C.; PIMENTEL, C. R.; SILVA, A. P. Diversity of plant species in two agroforestry backyards in the São José community, Santarém, Pará. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.
- CORRÊA, C. N.; SANTOS, K. R.; MIRANDA, T. G.; TAVARES-MARTINS, A. C. C. Knowledge and use of unconventional food plants in the Amazon. *Revista Etnobiologia*, v. 20, n. 2, p. 4-19. 2022.
- DIAS, O. C.; LOPES, M. R.; MEDEIROS, M.; TECCHIO. Amazonian agroforestry yards: the role of quilombola women in the lower Tocantins, PA. *Desenvolvimento Rural Interdisciplinar*, v. 3, n. 1, p. 46-73, 2020.
- FARIAS, L. F.; SOARES, J. P. G.; ALVES, D.; JUNQUEIRA, A. M. R. Manejo sustentável da produção orgânica em sistemas florestais (SAF's) na agricultura familiar. *Colóquio*, v. 19, special ed., p. 292-309, 2022.
- FERREIRA, H. S. *Redação de trabalhos acadêmicos nas áreas das Ciências Biológicas e da Saúde*. Rio de Janeiro: Rubro, 2011.
- NASCIMENTO, A. K.; CRISTOVÃO, E. E. M.; RAYOL, B. P. Structure and floristic composition of agroforestry backyards in a rural community (Moju, Pará). *Conexão na Amazônia*, v. 3, n. 2, p. 28-39, 2021.
- MORAES, M. H. C. S.; SABLAYROLLES, M. G. P.; AZEVEDO, C. M. B. C.; OLIVEIRA, J. S. R. Inovação nos quintais agrobiodiversos da Cooperativa D'Irituia, Pará. *Ciência Florestal*, v. 32, n. 1, -p. 309-332, 2022.
- MOURA, R. R. O.; MOURA, N. O.; MARTINS, W. B. R.; OLIVEIRA, C. D. S. Agroforestry farms: structure, composition and socio-productive organization. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 16, n. 1, p. 60-72, 2021.
- NOBRE, H. G.; LIMA, L. O.; SOARES, A. H.; COSTA, A. P. The role of agroforestry backyards for food security and income generation for women farmers in northeastern Pará. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.

PAULETTO, D.; MACADO, L.; FIGUEIRA, N.; CARDOSO, G. Characterization of agroforestry backyards in the Várzea: case study in the Alto Jari community in Santarém - Pará. *Cadernos de Agroecologia*, v. 15, n. 2, 2020.

RAYOL, B. P.; MIRANDA, I. S. Agroforestry yards in Central Amazonia: characterization, social importance and agrobiodiversity. *Ciência Florestal*, v. 29, n. 4, p. 1614-1629, 2019.

RAYOL, B. P.; SILVA, J. C. N. Floristics and structure of the tree stratum of backyards in the municipality of Belterra, Pará. *Agrarian*, v. 14, n. 51, p. 18-26, 2021.

RAYOL, B. P.; RAYOL, Y. A. Amazonian urban backyards: refuges for agrobiodiversity in cities *Revista de Ciências Ambientais*, v. 15, n. 3, 2021.

SOUZA, R. V. Varinhas bordadas: narrativas de re-existência em Mosqueiro, uma ilha amazônica. *Revista de Agroecologia do Centro-Oeste*, v.8, n. 17, p

OS BENEFÍCIOS DO IPTU VERDE

Data de aceite: 02/05/2024

**Natália Carolina Castanheira Celes
Mello**

RESUMO: O IPTU verde é um imposto que incide sobre os imóveis urbanos e compõe o que denomina carga tributária. Foi implantado no município de Jales/SP em 11 de novembro de 2009, para servir como uma bonificação ao contribuinte, concedendo descontos no imposto daqueles que adotarem certas práticas sustentáveis previstas na Lei Municipal nº 3.686/2009. Por meio dessa pesquisa foi desenvolvido o Manual Técnico de solicitação do IPTU Verde no município de Jales/SP com o intuito de abranger todos os contribuintes de Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU) do município de Jales/SP, que buscam uma redução em sua carga tributária, bem como a melhoria na qualidade de vida, minimizando os impactos ambientais. O Manual tem o propósito de informar o contribuinte do que se trata o IPTU Verde, sobre quais as medidas que devem ser adotadas para a concessão do desconto, as vantagens desse incentivo fiscal e o procedimento a ser adotado para realizar a solicitação do benefício. Tem como

objetivo promover um estímulo para que os proprietários cumpram a função social da propriedade, beneficiando a sociedade e a esfera pública, a partir de pequenas adaptações ecológicas e favoráveis ao meio ambiente. Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o IPTU, sustentabilidade, legislação municipal e dados do município. As imagens e gravuras utilizadas no manual foram elaboradas com auxílio do site CANVA e inteligência artificial. A redução do valor do IPTU é o principal estímulo para aderir ao programa, porém os benefícios de uma casa ecológica se estendem à economia de água e energia, que gera um efeito positivo no orçamento ao longo prazo. Conclui-se que o benefício fiscal apresenta resultados de eficiência tanto econômica quanto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Ações ecológicas. Arborização. Meio ambiente. Sustentabilidade. Carga tributária. IPTU.

ABSTRACT: The green IPTU is a tax that is levied on urban properties and makes up what is called the tax burden. It was implemented in the municipality of Jales/SP on November 11, 2009, to serve as a bonus for taxpayers, granting tax discounts to those who adopt certain sustainable practices provided for in Municipal Law No. 3,686/2009. Through this research, the Technical Manual for requesting Green IPTU in the municipality of Jales/SP was developed with the aim of covering all Urban Territorial Property Tax (IPTU) taxpayers in the municipality of Jales/SP, who seek a reduction in their burden. tax, as well as improving quality of life, minimizing environmental impacts. The purpose of the Manual is to inform the taxpayer what Green IPTU is about, what measures must be adopted to grant the discount, the advantages of this tax incentive and the procedure to be adopted to request the benefit. Its objective is to promote an incentive for owners to fulfill the social function of the property, benefiting society and the public sphere, through small ecological and environmentally friendly adaptations. To develop this work, a bibliographical review was carried out on IPTU, sustainability, municipal legislation and municipal data. The images and pictures used in the manual were created with the help of the CANVA website and artificial intelligence. The reduction in the value of IPTU is the main incentive to join the program, but the benefits of an ecological home extend to saving water and energy, which has a positive effect on the budget in the long term. It is concluded that the tax benefit presents both economic and environmental efficiency results.

KEYWORDS: Ecological actions. Afforestation. Environment. Sustainability. Tax Burden. IPTU.

INTRODUÇÃO

A partir do século XVIII, com início da Revolução Industrial, a sociedade passou a se desenvolver rapidamente e com grande proporção perante o meio social e ambiental, e com o passar de tempo, houve uma preocupação com a necessidade real de proteger o meio ambiente. Este assunto tem um impacto grande, tanto nacional quanto mundial, pois estamos vivenciando os resultados das agressões à natureza, as elevadas temperaturas, a inversão das estações do ano, enchentes e inundações.

O IPTU Verde é um exemplo de instrumento de incentivo, sendo utilizado por meio da tributação, para garantir a sustentabilidade de um município, bem como preservar para que as futuras gerações tenham suas próprias necessidades satisfeitas.

O ser humano tinha uma visão superficial sobre o meio ambiente, pois não havia um debate tão intenso sobre a questão ambiental, em especial, sustentabilidade, criando-se uma falsa ideia de que os recursos produzidos pela própria natureza eram ilimitados e que os rejeitos da sua extração, seriam absorvidos dia a pós dia, de forma natural e que o avanço tecnológico iria se encarregar de cuidar do meio ambiente.

Ocorre que, com o passar do tempo, os resultados obtidos foram totalmente opostos do esperado. Constantemente, é possível acompanhar nos noticiários locais e mundiais, diversas catástrofes ambientais, como as inundações, extinção de espécies de animais e vegetais, desmatamento de floresta, além do aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, comprometendo o equilíbrio da vida.

Surge dúvida se a natureza seria capaz de suportar a forma como vem sendo utilizada, por quanto tempo seria possível suprir as demandas do sistema econômico e social e se seria possível à reversão destes prejuízos.

Tem se falado muito que o meio ambiente está atingindo o “ponto de não retorno”, que é o movimento elástico do meio ambiente. Quando ele sofre um impacto, ele tem seu estado modificado, porém com o tempo é possível que ele retorne ao seu estado original, se regenerando. Mas se esse impacto for muito grande, é provável que ocorra um rompimento e que o meio ambiente não consiga mais se regenerar e voltar ao seu estado original.

O IPTU Verde emergiu como uma abordagem pioneira na promoção da sustentabilidade urbana e na mitigação dos desafios ambientais enfrentados pelas cidades em todo o mundo. Esse mecanismo tributário, conhecido como Imposto Predial Territorial Urbano Verde – IPTU Verde, representa uma evolução significativa nas políticas urbanas, uma vez que recompensa proprietários de imóveis que adotam práticas ecológicas e sustentáveis em suas construções.

Com a urbanização crescente e os impactos ambientais associados, o IPTU Verde surge como uma resposta inovadora para enfrentar questões cruciais, como a perda da biodiversidade, a escassez de recursos naturais e as mudanças climáticas, visando preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

Buscou-se explorar as origens, os princípios e a implementação do IPTU Verde, examinando o impacto dessa iniciativa nos âmbitos ambiental, econômico e social, e sua capacidade de moldar cidades mais verdes, resilientes e equitativas, com o objetivo de proteger o meio ambiente, trazer qualidade de vida para os municípios e uma redução na carga tributária.

À medida que as cidades enfrentam desafios cada vez mais complexos, compreender o potencial transformador do IPTU Verde é essencial para promover um futuro urbano mais sustentável e saudável.

MEIO AMBIENTE COMO DIREITO FUNDAMENTAL

Os direitos fundamentais são direitos próprios dos seres humanos, sendo garantidos pela Constituição Federal do Brasil de 1988, com o objetivo de proporcionar as pessoas todos os meios necessários para assegurar uma vida digna. Apesar de ser aparentemente fácil a sua conceituação, o problema se inicia quanto ao seu alcance, que pode ser modificado a qualquer momento e em qualquer situação, e a tarefa de determiná-lo depende da análise histórica e social de um povo. Nesse sentido Mendes (2007, p. 226) aponta:

O catálogo de direitos fundamentais vem se avolumando, conforme as exigências específicas de cada momento histórico. A classe dos direitos que são considerados fundamentais não tende a homogeneidade, o que dificulta uma concepção material ampla e vantajosa que alcance a todos eles. Tampouco a própria estrutura normativa dos direitos fundamentais não é coincidente em todos os casos.

Na mesma linha de pensamento, Bulos (2007, p. 401) descreve que os direitos fundamentais são:

O conjunto de normas, princípios, prerrogativas, deveres e institutos inerentes à soberania popular, que garantem a convivência pacífica, digna, livre e igualitária, independentemente de credo, raça, origem, cor, condição econômica ou status social.

Em geral, os direitos fundamentais são divididos em três gerações, embora exista parte da doutrina que compreenda existir até cinco gerações. A primeira geração são os direitos humanos, que se deu, conforme aponta Dantas (2012, p. 31):

Durante o ápice da Revolução Francesa, após o fim do regime absolutista, marcando pelo Iluminismo do século XVII uma mudança da posição social da pessoa, que foi de “súdito” a “cidadão”, uma verdadeira transição de um Estado autoritário para um Estado de Direito.

A segunda geração de direitos fundamentais teve início no final do século XIX e início do século XX, em resposta às desigualdades sociais decorrentes da Revolução Industrial e da exploração da mão de obra, segundo Dantas (2012) ensejando o surgimento e desenvolvimento dos direitos políticos e sociais, em razão da população lutar constantemente por novas liberdades.

No decorrer do século XX, surgiu a terceira geração de direitos fundamentais, inserindo o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, não pensando apenas no indivíduo, mas sim em toda a coletividade. Dada a preocupação ambiental, principalmente no atual cenário de destruição de fauna e flora vivenciado, tornando-se crescente a preocupação com o próprio futuro da humanidade, o meio ambiente passou a ser visto como fator essencial para a manutenção da vida de todos os seres existentes no planeta. Portanto, diante dessa preocupação ambiental, é possível explicar sobre o direito fundamental a um meio ambiente equilibrado.

[...] portanto, no contexto constitucional contemporâneo, consolida-se a formação de uma dimensão ecológica – inclusive – da dignidade da pessoa humana, que abrange a ideia em torno de um bem-estar ambiental (assim como de um bem-estar social) indispensável a uma vida digna, saudável e segura. Dessa compreensão, pode-se conceber a indispensabilidade de um patamar mínimo de qualidade ambiental para a concretização da vida humana em níveis dignos. Aquém de tal padrão ecológico, a vida e a dignidade humana estariam sendo violadas no seu núcleo essencial. A qualidade (segurança) ambiental, com base em tais considerações, passaria a figurar como elemento integrante do conteúdo normativo do princípio da dignidade da pessoa humana, sendo, portanto, fundamental, ao desenvolvimento de todo o potencial humano num quadrante de completo bem-estar existencial (SARELET, 2012, p. 41).

Porém, é notório que os direitos fundamentais no Texto Constitucional estão enunciados, em seu art. 5º, se trata de um rol meramente exemplificativo, possuindo diversos direitos fundamentais dispersados por toda a Constituição. Dessa maneira,

embora o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado não esteja elencado no rol do art. 5º, ele não deixa de ser um direito fundamental previsto pela Carta Magna, conforme Dantas (2012, p. 31) aponta:

Dito isso, pode-se facilmente chegar à conclusão de que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado pode perfeitamente ser considerado um direito fundamental. Embora não esteja previsto, de modo específico, no art. 5º da CF/88, isto não significa que ele não possa ser considerado fundamental, em virtude do que estabelece o §2º desse dispositivo, segundo o qual 'os direitos e garantias expressos nessa constituição não excluem outros decorrentes do regime e dos princípios por ela adotados, ou dos tratados internacionais que a República Federativa do Brasil faça parte'.

A Conferência de Estocolmo, mencionava que o ser humano teria o direito fundamental à liberdade, à igualdade e à fruição de uma vida benéfica e saudável, em um meio ambiente equilibrado, sendo possível levar uma vida digna, de bem-estar, com conseqüente proteção ao meio ambiente, sempre pensando nas presentes e futuras gerações (TRINDADE, 2010). A Rio-92 já previa o aspecto fundamental do direito ao meio ambiente, ao prenunciar que todos os seres humanos teriam direito a uma vida saudável e produtiva, em plena harmonia com a natureza (RIO, 1992).

Segundo Vale (2012), outro motivo que torna o meio ambiente ecologicamente equilibrado um direito fundamental, é:

[...] o fato de possuir uma ligação direta com o direito à vida, diferenciando-se dos outros direitos individuais pela sua transindividualidade, não se destinando a apenas uma pessoa, mas a toda a coletividade, sendo necessário o esquecimento do conceito de direito subjetivo.

Outro ponto importante, é que como mencionado, o art. 5º da CF/88 é meramente exemplificativo, trazendo, a Carta Magna, em seu bojo o capítulo VI inteiramente dedicado à tutela ambiental, que inclui o art. 225, caput e seus parágrafos. Como menciona Ramos (2011, p. 17) “a constituição traz em seu bojo que “é um direito de todos terem um meio ambiente equilibrado, para viver em condições saudáveis, sendo encargo do Estado, criar linhas capazes de estabelecer o mando constitucional, bem como da própria sociedade em preservá-lo e protegê-lo”.

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (art. 225,CF, 1988).

Segundo Silva (2006, p.19):

(...) o direito à vida, matriz dos demais direitos fundamentais do homem, é o que deve orientar todas as formas de tutela do meio ambiente. Esse direito deverá estar acima de quaisquer outras considerações, tais como as de desenvolvimento, respeito ao direito de propriedade e de iniciativa privada que, embora também estejam garantidos no texto constitucional, não poderão se sobrepor ao direito fundamental à vida, garantindo através da tutela da qualidade do meio ambiente.

“A sadia qualidade de vida é o centro do direito ao meio ambiente equilibrado, pois sem boas condições ambientais inexistirá uma vida saudável dos seres racionais e irracionais, formando um elo indissociável com o direito fundamental à saúde” (AMARO, 2021, p. 49).

Como se verifica, o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, instituiu o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, criando um dever dos entes econômicos, ao Poder Público e toda a coletividade, para defender e preservar o meio ambiente, para as presentes e futuras gerações.

No parágrafo 1º, em seus sete incisos, o constituinte determinou deveres do Poder Público, como a obrigação de promover o manuseio ecológico das espécies, de preservar a biodiversidade, de instituir áreas de preservação, de exigir prévio estudo de impacto ambiental para atividades e empresas que podem gerar prejuízos irreparáveis ao meio ambiente, de controlar poluição, propiciar educação ambiental nas escolas e para toda a sociedade, e de proteger a fauna e a flora, vedando a crueldade contra os animais (AMARO, 2021).

Nos parágrafos 2º e 3º, prevê os deveres específicos ao Poder Público e à coletividade, que consistem na obrigação de recuperar a área degradada pela mineração, assim como a imposição de multas e medidas de recuperação ambiental, objetivando a aplicação das normas de responsabilidade civil, administrativa e criminal pela realização de condutas prejudiciais ao meio ambiente, tanto para pessoas físicas quanto para as empresas e indústrias (AMARO, 2021).

No parágrafo 4º encontra-se o reconhecimento dos Biomas Floresta Amazônica brasileira, Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal Mato-Grossense e Zona Costeira como patrimônio nacional, expressando o cuidado especial que deve haver nessas áreas. Amaro (2021, p. 52), “destaca-se que esse dispositivo não converteu os referidos Biomas em bens públicos na acepção tradicional, tendo sido esquecidos o Cerrado e a Caatinga, ainda alvos de histórica discriminação estética”.

Portanto, é notório que após a Constituição Federal de 1988, a proteção ao meio ambiente ganhou grande relevância no âmbito constitucional e infra, principalmente, após acompanhar os impactos ambientais de caráter irreversível que o mundo vem enfrentando. Ao comparar com o passado, é possível verificar que houve uma grande crescente na preocupação de todos em cuidar do meio ambiente, onde, antes, os constituintes e a população, priorizava as fábricas, indústrias, visando apenas o desenvolvimento econômico, sem se preocupar com as questões ambientais.

CONCEITO DE MEIO AMBIENTE

“A atitude do crítico que tem interesse no progresso da ciência do direito não é a de buscar apoio para o triunfo das próprias ideias, mas o crítico deve, antes de tudo, compreender a obra e depois livrá-lo dos erros a fim de purificá-la”. (BECKER, 2007, p. 77).

Portanto, conceituar algo é uma tarefa complexa, diante da vastas quantidade de interações e circunstâncias a realidade ambiental.

Partindo do ponto inicial, ao buscar definição junto ao dicionário de língua portuguesa (FERREIRA, 2004), as palavras “meio” e “ambiente” significam o entorno, aquilo que envolve, o espaço, o recinto. Meio ambiente é o que cerca ou envolve os seres vivos ou as coisas, por todos os lados.

A verdade é que quando os vocábulos se unem, formando a expressão “meio ambiente”, se faz acreditar que é uma expressão redundante, podendo se referir à ambiente.

Porém, ao analisar a expressão meio ambiente na visão do legislador da Lei nº 6.938/81, o artigo 3º, inciso I não descreve apenas a ideia de espaço, de mero ambiente. Pelo contrário, vai além, se encontra insculpida que é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (RODRIGUES, 2013, p. 64).

Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas;

Conceitua Rodrigues (2013, p. 64), que:

O meio ambiente corresponde a uma interação de tudo que, situado nesse espaço, é essencial para a vida com qualidade em todas as suas formas. Logo, a proteção do meio ambiente compreende a tutela de um meio biótico (todos os seres vivos) e outro abiótico (não vivos), porque é dessa interação, entre as diversas formas de cada meio, que resultam a proteção, o abrigo e a regência de todas as formas de vida.

Alguns estados da federação brasileira optaram por um conceito próprio de meio ambiente, inserindo em sua legislação própria, porém não é aceito, em razão dos elementos bióticos (com vida) e abióticos (sem vida) que integram o meio ambiente serem os mesmos dentro do Brasil, não cabendo nenhuma diferenciação de conceito (AMARO, 2021, p. 36).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de nº 306/2002 trouxe um novo conceito de meio ambiente, mais completo do que previsto na Lei nº 6.938/1981, inserindo o patrimônio cultural e artificial, sendo definido com o “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (CONAMA, 2002, p. 8):

ANEXO

[...] XII - Meio ambiente: conjunto de condições, leis, influência e interações de ordem física, química, biológica, social, cultural e urbanística, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. [...]

Segundo Coimbra (2002) que para definir concisamente o meio ambiente, é preciso analisar e englobar três aspectos fundamentais: a) aspectos físico- químicos: água, ar, solo, clima e paisagem; b) o reino animal; c) e decompositores da cadeia trófica: microrganismos, bactérias e fungos.

Canotilho (1998, p. 98) define ambiente sob duas visões:

Conceito amplo de ambiente, formado por componentes naturais, inclusive humanos e por componentes construídos e o conceito estrito de ambiente, englobando, apenas, os componentes ambientais naturais: ar, luz, água, solo, flora e fauna.

Resumindo-o, portanto, em “um sistema global de interpretações completa do mundo e da vida; o que representa sem dúvida um momento de progresso relativamente às condições antropocêntricas tradicionais”. (CANOTILHO, 1998, p. 114).

Portanto, diante de tantos conceitos, em consonância com o entendimento de Magalhães (2022), conclui-se que o meio ambiente, através da análise da lei federal é amplo e abrangente, pois engloba tudo aquilo que permite a vida, que a abriga e reage.

FUNÇÃO EXTRAFISCAL DO IPTU

Como já explanado, os tributos que estão elencados na Constituição Federal de 1988 são, em sua maioria, “meios para obtenção de receitas por parte dos entes políticos, portanto, tem-se, que os tributos são, basicamente, fonte de recursos”. (BRASIL, 1988).

Para que atinja a extrafiscalidade do IPTU Verde, é primordial saber diferenciar as funções fiscais e extrafiscais dos tributos. Os cofres públicos precisam obter recursos financeiros para conseguir custear as despesas básicas da sociedade, sendo divididas em originárias e derivadas. As originárias são serviço que a Administração Pública prestará ao cidadão, que poderá escolher aderir ou não, sendo seu pagamento completamente opcional. Já as receitas derivadas são adotadas de compulsoriedade, portanto, o contribuinte não terá opção de pagar ou não, ao realizar o fato gerador previsto em lei para aquele determinado tributo e ele terá, obrigatoriamente, que pagá-lo.

Em decorrência da finalidade básica de arrecadar receitas aos cofres públicos, tem-se a função principal dos tributos, que é a função fiscal. Fiscalidade é a função arrecadatória de que se confere ao tributo, devendo pautar-se essencialmente pelos princípios da segurança jurídica, da igualdade e da capacidade contributiva.

Porém, o tributo pode intervir em determinadas situações, influenciando as escolhas do Poder Público e da sociedade, que podem se planejar para evitar a prática do fato

gerador ou controlando um comportamento, estimulando ou reprimindo condutas. Segundo Mazza (2016), a premissa da extrafiscalidade de um tributo está na noção de que aquele dinheiro arrecadado do contribuinte interfira nas suas condutas em relação a diversos aspectos, em razão de ter o seu bem-estar comprometido.

Paulsen (2023), traz o conceito de extrafiscalidade:

[...] se trata de um tributo com finalidade extrafiscal, quando os efeitos extrafiscais são não apenas uma decorrência secundária da tributação, mas seu efeito principal, deliberadamente pretendido pelo legislador que se utiliza do tributo como instrumento para dissuadir ou estimular determinadas condutas.

A função arrecadatória do tributo deixa de ter relevância e o impacto econômico que a política tributária acarreta, ganha contorno, é o que ocorre com o IPTU Verde. É de amplo conhecimento que possui um desconto significativo no imposto, para aqueles contribuintes que adotarem práticas sustentáveis em seus imóveis, induzindo um comportamento que fomente práticas que colaborem com a proteção ambiental do município.

Paulsen (2023) traz que o benefício fiscal, IPTU Verde é um dos instrumentos de política pública municipal, em razão de ser um exemplo de aplicação de extrafiscalidade tributária, caracterizando-o como uma tentativa de os municípios estimularem os munícipes a adotarem práticas e condutas ligadas ao desenvolvimento sustentável, em sua expansão ambiental.

De maneira assertiva, Dantas (2014) alega ainda que “essa extrafiscalidade serve, também, para desestimular certas condutas consideradas inadequadas e prejudiciais para o meio ambiente, mesmo que sejam lícitas”. Desse modo, é possível fazer com que o aumento ou diminuição das alíquotas também atinja as ações humanas ecologicamente.

IPTU VERDE

A proteção do meio ambiente é um direito fundamental, portanto, são necessários a utilização de mecanismo para que estimule o Poder Público em conjunto com a sociedade, a adotarem condutas que possam resguardar o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, e conseqüentemente, uma sadia qualidade de vida.

O IPTU utilizado em seu caráter extrafiscal, tem uma força significativa na viabilização da política ambiental. Por meio da concessão de benefícios fiscais, é possível adequar-se à defesa do meio ambiente, estimulando às agentes condutas ambientalmente corretas que vão refletir no bolso do contribuinte. Diante disso, surge o IPTU Verde, para estimular a sociedade a terem escolhas ambientalmente corretas, e desestimular as práticas prejudiciais. (MAGALHÃES, 2022).

Tem-se utilizado o IPTU como instrumento de política urbana e da consolidação da função social das cidades, pois utilizado em seu caráter extrafiscal, possui o condão de

estimular e desestimular condutas, conforme a previsão do artigo 167, IV da Constituição Federal.

Faria (2012, p. 68) alude que:

Os municípios, dentro de sua competência tributária, também estão autorizados a legislar sobre matéria ambiental e implantar os ecotributos, os municípios desempenham importante papel na política de preservação do meio ambiente em face do trato dos assuntos de interesse local. Afinal, para a grande maioria da população é na urbe que o cidadão nasce, cresce, se desenvolve, trabalha, enfim, se relaciona com o meio.

Em planejamento e gestão urbanos, os tributos não interessam sob o ângulo estritamente fiscal, vale dizer, de seu potencial de arrecadação.

Tão ou mais importante é, na verdade, a extrafiscalidade dos tributos, isto é, sua capacidade de permitirem que outros objetivos que não somente o de arrecadar, sejam perseguidos – seja o desestímulo de práticas que atendem contra o interesse coletivo (minimamente salvaguardado, na Constituição de 1988, por meio do princípio da “função social da propriedade”), seja a promoção da redistribuição indireta de renda, sejam a orientação e o disciplinamento da expansão urbana, seja, ainda, o incentivo a determinadas atividades”.

Folmann (2022, p. 283) ensina que:

[...] o município detém o poder-dever de preservar o meio ambiente e combater a poluição, podendo vale-se da tributação ambiental como um importante e eficiente instrumento condicionador de condutas dos particulares, direcionando-as em benefício do ambiente das cidades, promovendo o bem-estar social na forma do disposto no art. 225 da CF/88, ou seja, a sadia qualidade de vida do âmbito urbano, sendo o IPTU um tributo potencial para tal fim.

Sendo assim, com o intuito de incentivar práticas sustentáveis nos municípios, surgiram diversos projetos de Leis Municipais abordando sobre a possibilidade de redução nas alíquotas do IPTU, quando os contribuintes adotarem práticas sustentáveis em seus imóveis, promovendo benfeitorias ao meio ambiente urbano.

Cada cidade institui sua própria legislação, de acordo com sua estrutura e necessidade. Algumas cidades estão voltadas para o reflorestamento, outras para gestão sustentável das águas, energia solar e aquecimento solar, outras para construções com materiais sustentáveis, ou seja, cada local possui sua característica específica que acolhe determinada medida.

LEGISLAÇÃO MUNICIPAL Nº 3.686/2009

A Lei nº 3.686 que “autoriza a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano - IPTU, aos proprietários de lotes edificados e não edificados que adotem medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente” foi aprovada em 2009, possuindo expressamente o caráter de estímulo ambiental para o município de Jales (JALES, 2009).

Ela traz, seu artigo 2º, uma abordagem sobre as políticas a serem implementadas, bem como qual o público afetado por esse benefício fiscal e declara o seu objetivo é estimular as atividades de proteção e preservação do meio ambiente.

Art. 2º Será concedido benefício tributário, consistente em reduzir o Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU e Imposto Territorial Urbano – ITU, aos proprietários de lotes edificadas e não edificadas que adotem medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente.

No parágrafo 1º preconiza quais as medidas devem ser adotadas (JALES,2009):

§ 1º As medidas adotadas deverão ser:

I – lotes edificadas, inclusive condomínios horizontais e verticais:

Sistema de captação da água da chuva;

Sistema de reuso de água;

Sistema de aquecimento hidráulico solar;

Sistema de aquecimento elétrico solar;

Construções com material sustentável;

Utilização de energia passiva;

Que contenham arborização no calçamento.

Cumprir destacar, que a legislação municipal decorre de forma clara, em seu artigo 3º como devem ser realizadas as medidas previstas no artigo 2º (JALES, 2009):

Art. 3º Para efeitos desta Lei, considera-se:

I - sistema de captação da água da chuva: sistema que capte água da chuva e armazene em reservatórios para utilização do próprio imóvel;

II - sistema de reuso de água: utilização, após o devido tratamento, das águas residuais proveniente do próprio imóvel, para atividades que não exijam que a mesma seja potável;

III – sistema de aquecimento hidráulico solar: utilização de sistema de captação de energia solar térmica para aquecimento de água, com a finalidade de reduzir parcialmente o consumo de energia elétrica no lote edificado;

IV - sistema de aquecimento elétrico solar: utilização de captação de energia solar térmica para reduzir parcial ou integralmente o consumo de energia elétrica do lote edificado, integrado com o aquecimento da água;

V - construções com material sustentável: utilização de materiais que atenuem os impactos ambientais, desde que esta característica sustentável seja comprovada mediante apresentação de selo ou certificado;

VI - utilização de energia passiva: edificações que possuam projeto arquitetônico onde seja especificado dentro do mesmo, as contribuições efetivas para a economia de energia elétrica, decorrentes do aproveitamento de recursos naturais como luz solar e vento, tendo como consequência a diminuição de aparelhos mecânicos de climatização;

VII - manutenção dos lotes não edificados sem a presença de espécies exóticas invasoras e que cultivem espécies arbóreas nativas: o proprietário de lotes não edificados, que proteja seu imóvel de espécies exóticas invasoras, não típicas do local, que passam a tomar conta do terreno, causando grande impacto ambiental, ecológico e perda considerável da biodiversidade. Ainda, deve destinar pelo menos 20% de seu espaço ao cultivo de espécies nativas, a fim de aumentar a biodiversidade no perímetro urbano.

Além de informar o prazo e como deve ser feita a solicitação. Portanto, é possível verificar que se trata de uma legislação completa e de fácil compreensão.

Como resultado da investigação, se desenvolveu o Manual Técnico de solicitação do IPTU Verde no município de Jales/SP, que destaca um cenário inicial de desconhecimento generalizado sobre os benefícios fiscais associados a esse programa inovador.

Uma revelação significativa desse panorama ocorreu durante uma palestra realizada no Centro Universitário local, na qual foi questionada a audiência sobre seu conhecimento acerca do IPTU Verde. Surpreendentemente, mais de 80% dos presentes admitiram desconhecer por completo essa vantagem fiscal oferecida pela prefeitura.

No entanto, a explicação do manual desempenhou um papel fundamental na mudança desse quadro. Após a explanação detalhada sobre o IPTU Verde e seus benefícios tanto para o meio ambiente quanto para os proprietários de imóveis, diversos participantes tomaram a iniciativa de procurar a prefeitura e aderir ao programa.

Portanto, é possível concluir que a conscientização pública desempenha um papel vital na eficácia de iniciativas como o IPTU Verde, revelando que a divulgação e a educação são cruciais para garantir que os benefícios fiscais sejam plenamente aproveitados e que a cidade de Jales continue avançando em direção a um futuro mais sustentável e ecologicamente responsável.

MEDIDAS A SEREM ADOTADAS

Para a concessão do desconto no Imposto Predial Territorial Urbano, é necessário adotar alguma medida ambientalmente sustentável prevista na legislação municipal, sendo elas:

- Sistema de captação da água da chuva, que se trata de uma estratégia que capta a água da chuva e a armazena em uma cisterna para a utilização no local.
- Sistema de reuso de água, após o cuidado devido com as águas residuais da residência, é feita a sua utilização para atividades que não exigem que ela seja potável.
- Sistema de aquecimento hidráulico solar, que é a utilização de tecnologia que faz a captação da energia solar térmica para aquecer a água, tem como objetivo reduzir parte do uso de eletricidade da casa.

- Construção com material sustentável, onde é utilizado materiais que mitigam o impacto ambiental. Deve haver a comprovação da sua característica sustentável, por meio do selo ou certificado.
- Arborização no calçamento, pelo menos 20% da área do calçamento do imóvel dever ser destinada ao plantio de árvores.
- Energia passiva, onde edificações adotam projetos arquitetônicos que indicam os meios que contribuem efetivamente para a redução do uso de energia elétrica, resultante da exploração de recursos naturais como luz solar e vento.
- Sistema de energia solar, devendo ser integrado ao sistema de energia elétrica da casa e ser responsável pelo menos por 20% do consumo total da residência.
- Lotes com calçamento e árvores.
- Condomínios com mais de seis unidades que possuem lixeiras identificadas com nome e diferenciadas por cor, voltados à separação dos resíduos sólidos produzidos pelos condôminos.

VANTAGENS DO IPTU VERDE

O IPTU Verde oferece diversas vantagens, tanto para os proprietários de imóveis quanto para o meio ambiente e a comunidade. Algumas das principais vantagens é a redução dos impostos, pois esse desconto terá impacto no orçamento do contribuinte a médio e longo prazo, por isso, não é surpresa que muitas pessoas se interessam por este programa.

Além dos benefícios fiscais, tem todos os benefícios de uma casa ecológica. Por exemplo, economizar água e energia sempre terá um efeito positivo no orçamento ao longo do tempo. O orçamento mensal é reduzido, assim como os danos causados à natureza.

O IPTU Verde incentiva práticas sustentáveis na construção e manutenção de imóveis, promovendo o uso responsável dos recursos naturais e a redução do impacto ambiental. Cada vez mais pessoas podem ter acesso ao conceito de sustentabilidade e, conseqüentemente, começar a investir nela de forma natural (MAGALHÃES, 2022).

Ramos (2011), diz que “o IPTU Verde por si só já um grande benefício para as pessoas e para o meio ambiente. Com isso, hábitos sustentáveis estão gradativamente sendo colocados na vida da população”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu uma profunda análise e compreensão do impacto do IPTU Verde na promoção da sustentabilidade urbana, como uma ferramenta de incentivo à adoção de práticas sustentáveis nos imóveis urbanos, desempenhando um papel crucial na construção de cidades mais resilientes e ambientalmente responsáveis.

A partir do estudo do benefício fiscal e da apresentação dele para a população, ficou evidente que o IPTU Verde pode servir como um catalisador para o desenvolvimento urbano sustentável. Ao conceder incentivos fiscais para construções e reformas que incorporem tecnologias e práticas sustentáveis, o município cria um ambiente propício para a redução do consumo de recursos naturais, mitigação das mudanças climáticas, melhoria da qualidade de vida dos habitantes urbanos e valorização do patrimônio imobiliário.

No entanto, é evidente que a divulgação do IPTU Verde anda em conjunto com o Manual Técnico de Solicitação do IPTU Verde no Município de Jales/SP, pois ele desempenha um papel fundamental na eficácia desse programa, atuando como um guia claro e acessível para todos os envolvidos. É essencial a abrangência do Manual, comunicando de forma eficaz à comunidade, a fim de maximizar os benefícios do IPTU Verde. Além disso, é importante que haja um esforço contínuo do Poder Público e da população para monitorar e avaliar os resultados, que tem sido benéfico, e realizar ajustes, caso necessário, para continuar garantindo a eficácia do programa, mantendo sempre alinhado com os objetivos de sustentabilidade urbana e redução na carga tributária.

A participação ativa de todas as partes interessadas e com a facilidade de compreensão do Manual elaborado, onde oferece orientações práticas para a implementação bem-sucedida do IPTU Verde, podemos esperar criar cidades mais verdes e sustentáveis.

O IPTU Verde, uma iniciativa louvável adotada pelo município de Jales, porém possui ponto negativo quanto a exigência de solicitação anual por parte dos cidadãos, servindo, até mesmo, como um desestímulo para os munícipes. Seria viável que a solicitação de renovação do benefício ocorresse a cada cinco anos, que o fiscal da prefeitura se deslocasse, anualmente, até o imóvel beneficiado para certificar a municipalidade, que o mesmo continua com a medida ambientalmente sustentável, ou mesmo, a simplificação do pedido através de um requerimento online.

A referida mudança poderia aumentar a adesão ao programa, facilitando a participação de um público mais amplo, incluindo aqueles que podem ser desencorajados pela necessidade de cumprir formalidades anuais.

Outra vantagem dessa abordagem seria a redução do consumo de papel e recursos associados à tramitação de documentos físicos, contribuindo ainda mais para os objetivos ambientais do IPTU Verde.

Para ter acesso ao Manual Técnico de Solicitação do IPTU Verde no Município de Jales/SP, resultado da presente pesquisa, acesse: <https://repositorioacademico.universidadebrasil.edu.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/771/MANUAL%20T%C3%89CNICO%20DE%20SOLICITA%C3%87%C3%83O%20DO%20IPTU%20VERDE.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, R. **Direito Tributário**. 16. ed. Salvador: Editora JusPodvím, 2022.

AMARO, L. **Direito Tributário Brasileiro**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 1999. **BRASIL. CÓDIGO TRIBUTÁRIO NACIONAL DE 1966**. 2. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2018.

BRASIL, CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE **1988**. Diário Oficial da União, Brasília, 5 de outubro de 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao.htm. Acesso em: 28 dez. 2022.

BULOS, U.L. **Curso de Direito Constitucional**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

CANOTILHO, J. J. G. **Introdução ao direito ambiental**. Lisboa: Universidade Aberta, 1998.

CANVA.COM. **Plataforma de comunicação visual**. Disponível em: <https://www.canva.com>. Acesso em: 17 jan. 2022.

CARVALHO, P. B.. **Curso de Direito Tributário**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004.

CASTRO, E.M.L.R. **Tributos em espécies**. 9. ed. São Paulo: JusPodvím. 2022.

COELHO, S. C. N. **Curso de Direito Tributário**. 1. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2022.

COIMBRA, J. A. A. **O outro lado do meio ambiente: uma incursão humanista na questão ambiental**. Campinas: Millennium, 2002.

DANTAS, G. T. **IPTU Verde e o direito à cidade sustentável**. Revista do Programa de Pós-Graduação em Direito da Universidade Federal da Bahia. N. 26, 2014.

DE CARLI, A. **Tributação e Sustentabilidade ambiental**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2015.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI: o dicionário da língua portuguesa**. 3. ed. Curitiba: Editora Positivo, 2004.

FONSECA, L. S. **Noções de Direito Tributário**. 1. ed. Cuiabá: EdUFMT, 2008. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados: Jales, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/jales.html>. Acesso em: 24 out. 2023.

JALES, **LEI MUNICIPAL Nº 3.686, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2009**. Dispõe sobre a autorização da redução de Imposto Predial e Territorial Urbano – IPTU, aos proprietários de lotes edificados que adotarem medidas que estimulem a proteção, preservação e recuperação do meio ambiente. Disponível em <https://jales.siscam.com.br/arquivo?id24777>. Acesso em: 28 dez. 2022.

MAGALHÃES, A. **IPTU Ecológico**. 1. ed. São Paulo: Editora Dialética, 2022. MAZZA, A. **Manual de Direito Tributário**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

MORAES, R. **IPTU Verde: promoção da sustentabilidade através de incentivos fiscais na cidade de São Luis – MA**. Trabalho de Conclusão de Curso (bacharelada em Ciências Contábeis) – Centro Universitário UNDB, São Luiz, 2020. Disponível em: <http://repositorio.undb.edu.br/jspui/bitstream/areas/179/1/RAYSSA%20DA%20CUNHA%20DE%20MORAES.PDF>. Acesso em: 28 dez. 2022.

PAULSEN, L. **Curso de Direito Tributário**. 14ª ed. São Paulo: Saraiva, 2023. RAMOS, J. E. **S.Tributação Ambiental: O IPTU e o Meio Ambiente Urbano**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Fórum, 2011.

ONU. **Conferência Rio-92 sobre o meio ambiente do planeta**. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1992. Disponível em: www.senado.gov.br. Acesso em: 21 out. 2023.

RODRIGUES, M. A. **Direito Ambiental Esquemático**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2020.

SARLET, I. W. **Direito Constitucional Ambiental: constituição, direitos fundamentais e proteção do meio ambiente**. 2. ed. São Paulo: Revistas dos Tribunais, 2012.

SILVA, J. A. **Direito urbanístico brasileiro**. 4. ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

TRINDADE, S. C. **Direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado enquanto elemento indispensável da dignidade da pessoa humana**. 2010. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental). Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/546/Dissertacao%20Sergio%20Carvalho%20Trindade.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 21 out. 2023.

VALE, A. P. S. C. P. **Sustentabilidade, meio ambiente do trabalho e terceirização**. 2012. Dissertação (Mestrado em Direito das Relações Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/5877/1/Ana%20Paula%20Sawaya%20de%20Castro%20Pereira%20do%20Vale.pdf>. Acesso em: 21 out. 2023.

POSTOS DE COMBUSTÍVEIS NA GERAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS EM ZONAS URBANAS E SEUS IMPACTOS NA SUSTENTABILIDADE

Data de aceite: 02/05/2024

Wagner França Aquino

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), Câmpus de Sorocaba
Sorocaba/SP

Simone Aquino

Faculdade Método de São Paulo (FAMESP)
Laboratório de Microbiologia Clínica, de Alimentos e Ambiental
Câmpus de São Paulo
São Paulo/SP

RESUMO: O comércio varejista de combustível é essencial para o desenvolvimento das atividades econômicas em diversos segmentos da sociedade. Em contrapartida, essas atividades são as de maior frequência na geração de áreas contaminadas, conforme o cadastro da Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB), devido aos vazamentos nos sistemas de tanques subterrâneos e linhas de abastecimento e às práticas inadequadas de descarte irregular nas

redes subterrâneas dos resíduos gerados e efluentes, com agravante de estarem instaladas em zonas urbanas com grande densidade demográfica e diferentes ocupações e serviços na circunvizinhança. Em função da proximidade dessas fontes de contaminação com moradores do entorno é fundamental o repasse de conhecimento pelos órgãos ambientais de fiscalização e controle aos interessados sobre os primeiros sinais de possíveis vazamentos ou contaminações para minimização dos possíveis danos materiais ou ao meio ambiente. Na ocorrência deste tipo de impacto ambiental, são estabelecidos riscos à saúde da população residente pela presença de compostos contaminantes de alta toxicidade e periculosidade, bem como grandes transtornos às outras atividades próximas pelas ações necessárias de intervenção para saneamento da contaminação subterrânea, o que afeta o equilíbrio, o bem estar social e a sustentabilidade da área impactada e que pode até demandar a interdição total do local impactado conforme a gravidade do quadro verificado.

PALAVRAS-CHAVE: poluição ambiental, solo e água subterrânea, tomadas de decisão.

INTRODUÇÃO

Dentre as atividades potencialmente contaminadoras do ambiente subterrâneo nas grandes regiões metropolitanas, ganham destaque o gerenciamento e a deposição inadequada de resíduos sólidos, sejam estes domésticos ou industriais, e de efluentes líquidos, além da poluição proveniente de infiltrações ou vazamentos subterrâneos de instalações de armazenamento ou transporte de produtos.

Segundo a *World Health Organization* (2007), é de grande preocupação a tendência de crescimento dos impactos ambientais relacionados ao resíduos sólidos urbanos, isto porque, ao longo das últimas décadas, a falta de um plano de gerenciamento e a destinação inadequada de resíduos domésticos, industriais e dos serviços de saúde propiciaram o emprego de ações nocivas e danosas à saúde da população e ao meio ambiente, confirmado por Kist, *et al.* (2018), por exemplo, ao constatarem que os resíduos de origem domiciliar ainda são depositados, em mais da metade dos municípios brasileiros, em vazadouros a céu aberto, os chamados lixões.

Mesmo com o aumento na destinação para os aterros sanitários, que utilizam tecnologia específica para minimizar os impactos ambientais ou riscos à saúde humana, se esses foram mal operados ou mal controlados podem também comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, por serem fontes de compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados, entre outros (GIUSTI, 2009).

Adicionalmente a essa situação, há o passivo ambiental estabelecido nas localidades urbanas após a desativação ou abandono de algumas plantas industriais e que, além dos riscos à população do entorno, demandam elevados recursos a serem despendidos na sua remediação (SALINAS, 2015). Dessa maneira, as indústrias desativadas, independentemente de seus motivos, se constituem em fontes importantes de contaminação do solo e das águas subterrâneas nessas regiões, uma vez que o controle ambiental e o monitoramento sistemático nessas instalações são de difícil execução após o encerramento das atividades produtivas e fechamento.

Também não se pode deixar de ressaltar os efeitos ambientais negativos que outras duas fontes de contaminantes ao ambiente subterrâneo podem proporcionar e que, predominantemente, estão instaladas em áreas urbanas, que são os vazamentos em tanques e em instalações de postos de combustíveis (LIMA *et al.* 2017) e a infiltração de necrochorume no solo por cavas de cemitérios pela decomposição de corpos e de materiais enterrados (SILVA, 2018).

Deve ser ressaltado, nesse quadro, que os passivos ambientais ocasionados por diferentes fontes e formas de contaminação subterrânea geraram as denominadas Áreas Contaminadas, em sua grande maioria localizadas nas zonas urbanas, as quais atingiram 6.665 casos no estado de São Paulo desde o início dos registros a partir dos anos 2000 (CETESB, 2020). O reconhecimento dessas áreas e sua contabilização é resultado do

projeto de cooperação técnica entre a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e a agência governamental alemã *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ), cujo objetivo, a partir da década de 1990, foi a identificação, cadastramento e priorização de áreas contaminadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e também o desenvolvimento de metodologias e mecanismos de gerenciamento ambiental dos locais impactados.

Com cerca de 8.300 estabelecimentos no estado de São Paulo, os postos de combustíveis são àqueles de maior frequência de casos de contaminação conforme o cadastro da CETESB (2020), com 4.523 registros, o que significa que mais de 54 % destes estabelecimentos apresentaram problemas em suas instalações e impactaram o ambiente subterrâneo no decorrer dos anos.

Em relação ao total de áreas contaminadas cadastradas nas duas últimas décadas (6.665 casos), esse número apresentado pelos postos de abastecimento equivale a 68 % dos casos registrados de contaminação (CETESB, 2020), muito maior por exemplo que os eventos de indústrias com 1.294 ocorrências (19 %), com agravante que grande parte dos vazamentos de combustíveis ocorre em localidades urbanas densamente ocupadas pela população ou por outras atividades.

Quanto aos impactos, a contaminação por postos de abastecimento se constitui numa questão de saúde pública, com efeitos nocivos agravados pela existência de contaminantes de alta toxicidade e da presença muito próxima de moradores no entorno e usuários desses estabelecimentos nas regiões urbanas, o que, conseqüentemente, demanda estudos detalhados para investigação dos riscos os quais estão submetidos, além da avaliação da degradação da qualidade dos solos e da água subterrânea.

Diante desta situação, é fundamental aplicação de uma gestão ambiental efetiva pelos órgãos de fiscalização e controle com repasse de informações, conhecimentos e esclarecimentos aos moradores ou usuários próximos dos locais afetados pela contaminação por combustíveis sobre os melhores procedimentos a serem adotados da ocorrência desse tipo de evento e em função dos riscos associados, tanto para a segurança e saúde da população, como para o meio ambiente como um todo.

Além disso, Côrtes *et al.* (2011), reportam que a ausência de planejamento na gestão de casos de contaminação pode trazer conseqüências não apenas para o ambiente subterrâneo impactado, mas também para continuidade dos negócios do empreendimento, sendo de grande importância a identificação, avaliação e gerenciamento de passivos ambientais, o que reflete a necessidade de ações de preservação ambiental e o desenvolvimento de políticas públicas e o aprimoramento das demandas legais.

PROCEDIMENTOS DO GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS

A ação humana como atividade modificadora do meio ambiente, através de diversas atividades tais como obras civis, atividade agrícola ou de mineração, além de outras formas de uso e ocupação do solo, tem produzido processos de alteração das propriedades ou características físicas, químicas ou biológicas de determinados ambientes, interferindo ou impactando os mesmos, dando origem às áreas degradadas (SÁNCHEZ, 2004).

De modo geral, a Resolução CONAMA nº 001 (BRASIL, 1986) define área degradada como aquela que sofre qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

- I. a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II. as atividades sociais e econômicas;
- III. as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV. a qualidade dos recursos ambientais.

De maneira conceitual, é importante estabelecer distinções entre os termos poluição e contaminação, mesmo que muitas vezes sejam usados como sinônimos. Apesar de ser sutil a diferença, poluição se refere aos impactos adversos a um determinado meio de maneira mais genérica, água, ar ou solo, e é definido como a degradação deste meio por difusão de um agente material provocado pela atividade humana, tornando-o insalubre, perigoso ou inadequado às condições de vida.

Quanto ao termo contaminação, este possui um conceito mais específico e é definido pela Resolução CONAMA 420/2009 (BRASIL, 2009) como a presença de substâncias químicas no ar, água ou solo, decorrentes de atividades antrópicas em concentrações que restrinjam a utilização desse recurso ambiental para usos atual e futuro com base em risco à saúde humana e outros bens a proteger (por exemplo fauna e flora).

Em relação aos processos de degradação, Bitar (1997) aponta que o surgimento de Áreas Degradadas ocorre quando há perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas (conceito mais amplo) e é inviabilizado o desenvolvimento socioeconômico.

Deste modo, são bem abrangentes os diversos tipos de fontes de degradação que afetam a qualidade ambiental de um determinado meio, cujos impactos, por exemplo, podem resultar em poluição do solo, da água e do ar, compactação do solo, modificações da paisagem, desmatamento, redução da biodiversidade, redução da disponibilidade de recursos naturais e minerais, contaminação por disposição inadequada de resíduos, entre outros.

Segundo Sánchez (2004), os locais impactados, ou degradados, a partir da ação antrópica e presença comprovada de substâncias químicas poluentes alterando a qualidade dos solos e/ou das águas subterrâneas são conceitualmente denominados de Áreas Contaminadas (Figura 1). Portanto, conforme este autor, uma área contaminada pode ser considerada um caso particular de uma área degradada, onde ocorrem alterações principalmente das propriedades químicas, ou seja, provocadas por contaminação.

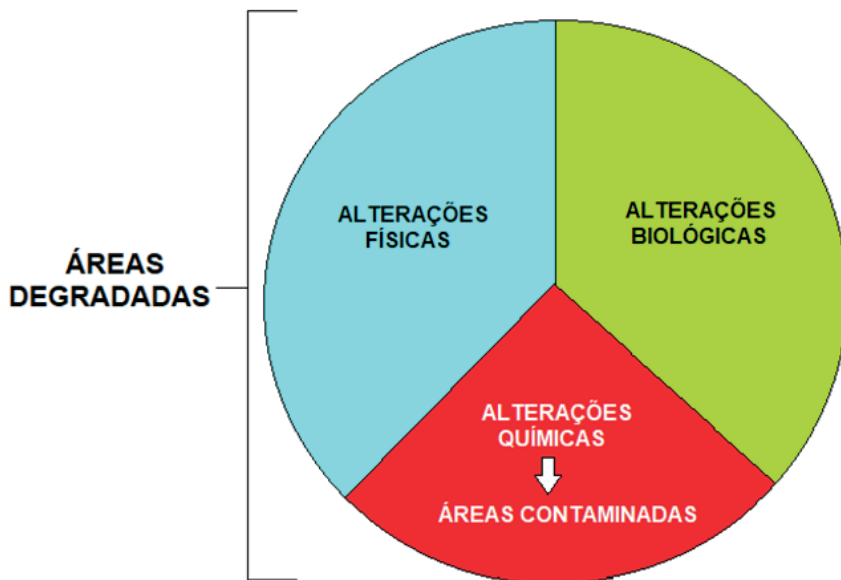


Figura 1. Tipos de alterações antrópicas geradoras de Áreas Degradadas.

Fonte: adaptado de Sanchez, 2004.

Portanto, simplificando esses conceitos para melhor compreensão, pode-se afirmar que as áreas degradadas podem ocorrer em duas formas principais: as áreas degradadas (ADs) predominantemente por processos físicos e as áreas degradadas predominantemente por processos químicos, ou áreas contaminadas (ACs), destacando-se que em determinadas áreas os dois processos podem ocorrer simultaneamente (CETESB, 2001).

Tomando-se como referência as zonas urbanas, onde é grande e constante a necessidade de reuso do solo para diferentes fins em função da falta de espaço, é de suma importância a identificação prévia dos locais com atividades potenciais à geração de contaminações subterrâneas, isto porque, segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2020), os passivos ambientais ocasionados pelas áreas contaminadas geraram inúmeros registros no decorrer das últimas duas décadas, como apontado anteriormente.

Na Figura 2 a seguir, é possível observar a correspondência direta entre a localização geográfica das áreas contaminadas cadastradas pela CETESB (2020) e os limites do município de São Paulo (SP), o que indica a grande frequência de ocorrências de contaminação na área urbana metropolitana e onde, portanto, a ocupação populacional é muito intensa.

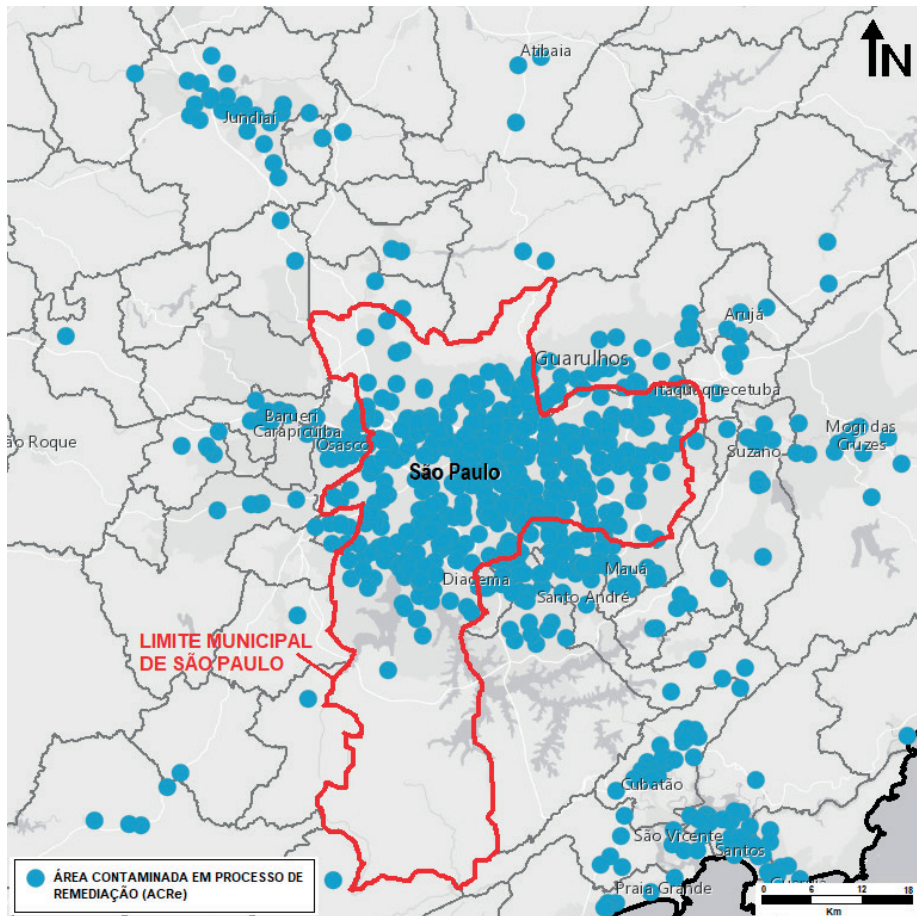


Figura 2. Limite municipal de São Paulo e localização das áreas contaminadas.

Fonte: modificado de CETESB, 2020.

A presença de contaminação em solos e na água subterrânea nas localidades urbanas pode gerar o acúmulo de gases em residências, garagens e porões por substâncias voláteis originadas, por exemplo, de vazamentos de combustíveis ocorridos em postos de serviço ou pela produção de gases, como o metano, em áreas de disposição ou de descarte de resíduos domésticos (SANCHEZ, 2004).

Nesses casos, conforme afirma esse autor, os principais problemas ocasionados pela presença de áreas contaminadas em zonas urbanas são os riscos à segurança das pessoas e das propriedades pela possibilidade de explosões e incêndios, riscos à saúde pública pelo aumento da incidência de doenças em pessoas expostas às substâncias químicas presentes nos solos e em águas subterrâneas coletadas em poços, pelo contato dermal e ingestão de solos contaminados por crianças ou trabalhadores e aos impactos aos ecossistemas ocasionados por processos que se manifestam, em sua maioria, a longo prazo.

Além disso, a existência de áreas contaminadas pode implicar em restrições ao desenvolvimento urbano e redução do valor imobiliário das propriedades pela limitação dos usos possíveis do solo onde a atividade que impactou o ambiente está instalada, bem como em necessidade de prevenir a ocupação de áreas industriais desativadas ou abandonadas contaminadas de maneira clandestina antes de sua completa remediação.

Quanto aos aspectos legais, a Lei Estadual de São Paulo nº 13.577 de 2009 (SÃO PAULO, 2009) define área contaminada como sendo “*área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de matéria em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger*”.

Esta lei determina os procedimentos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) e trata da proteção do solo contra alterações nocivas por contaminação, da definição de responsabilidades, da identificação e do cadastramento de áreas contaminadas e da remediação dessas áreas de forma a tornar seguros seus usos atual e futuro, envolvendo, portanto, ações dos órgãos públicos de fiscalização e controle, do responsável legal pelo local impactado e das empresas executantes pelos trabalhos de diagnóstico e remediação.

Deste modo, conforme o Gerenciamento de Áreas Contaminadas estabelecido na referida lei, antes de uma área ser confirmada como contaminada (AC) através de análises químicas de solo ou água subterrânea, esta pode ter sido inicialmente classificada como área potencialmente contaminadora (AP), que é inerente à atividade desenvolvida no local, ou mesmo suspeita de contaminação (AS), caso haja indícios visíveis ou notificações sobre eventos poluidores, o que requer diferentes etapas de avaliação.

Inicialmente, segundo Gloeden (1999), uma atividade antrópica potencialmente contaminadora é aquela onde ocorre a produção, manipulação ou armazenamento de materiais nocivos que podem afetar de maneira prejudicial os bens a proteger, por exemplo saúde humana, solo e recursos hídricos subterrâneos, no caso destes terem contato com as substâncias contaminantes subterrâneas.

Quanto à avaliação preliminar, esta tem como objetivo principal constatar evidências, indícios ou fatos, como por exemplo ocorrência de vazamentos, que permitam suspeitar da existência de contaminação numa área para defini-la como suspeita de contaminação (AS) por meio do levantamento de informações disponíveis sobre o seu uso (CROZERA, 2001).

De acordo ao definido pela CETESB (2001), a etapa de avaliação preliminar consiste, basicamente, da elaboração de um diagnóstico prévio das áreas potencialmente contaminadoras, por meio da realização de um levantamento de informações existentes, obtidas pela consulta às documentações e/ou pela execução de inspeções de reconhecimento em cada área de interesse, cujos dados obtidos são registrados numa ficha cadastral. Portanto, quando a área em questão for classificada como uma suspeita de contaminação (AS), os dados registrados serão a base para o planejamento de futura investigação confirmatória e definição dos pontos de coleta de amostras, desencadeando outras etapas previstas do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GLOEDEN, 1999).

Do ponto de vista legal, um determinado local é classificado como uma Área Contaminada (AC) quando comprovada a presença de contaminantes no ambiente por análises químicas do solo e/ou da água subterrânea e cujos resultados estejam acima das concentrações dos padrões ambientais (valores orientadores de referência) estabelecidos para diferentes elementos ou substâncias (CETESB, 2001).

Neste contexto, o local ou instalação onde foi gerada a poluição do ambiente é a fonte de contaminação, destacando-se como atividades potenciais, apontadas anteriormente, as indústrias que armazenam e manipulam produtos químicos e geram efluentes e resíduos sólidos; as áreas de estocagem, tratamento e descarte de resíduos domésticos ou industriais; as mineradoras; as áreas agrícolas; os locais de aplicação de efluentes e resíduos nos solos, os postos de combustível e os cemitérios.

A partir da constatação de concentrações no solo acima do Valor de Intervenção (VI), definido na Resolução CONAMA 420/2009 como o limite de concentração de certa substância que ao ser ultrapassado implica em riscos potenciais à saúde humana numa situação genérica, obrigatoriamente, são implementados os procedimentos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) que, por definição, é o conjunto de medidas tomadas com o intuito de minimizar o risco à população e ao meio ambiente proveniente da existência subterrânea de contaminantes e que devem proporcionar os instrumentos necessários à tomada de decisão quanto às formas de intervenção mais adequadas (BRASIL, 2009).

Porém, em alguns casos mais críticos, são deflagradas algumas ações de controle imediato para conter eventuais riscos emergenciais e que, por exemplo, podem ser a remoção da fonte de contaminação, a interrupção de consumo de água subterrânea contaminada, a proibição de escavações e acesso à área, a ventilação e/ou exaustão de determinado local para reduzir a possibilidade de intoxicação aguda da população afetada ou mesmo de explosão em ambientes confinados, entre outros.

Posteriormente a estas ações emergenciais, são desenvolvidas três etapas principais de atividades do GAC para diagnóstico da situação e recuperação ambiental do local e que são executadas na seguinte sequência (GLOEDEN, 1999):

1. Investigação detalhada;
2. Avaliação de risco específica;
3. Medidas de intervenção (médio prazo) e de remediação (longo prazo).

Antes da implementação das ações de intervenção e remediação, é necessária a execução de investigações detalhadas no local impactado para determinação das dimensões da área afetada, dos tipos dos contaminantes presentes e de suas concentrações, além do mapeamento da extensão da contaminação da água subterrânea (pluma), visando obter dados suficientes para a realização da avaliação de risco e do plano de recuperação.

Assim, para elaboração do diagnóstico do passivo ambiental, são empregados métodos diretos e métodos indiretos de investigação para avaliação dos impactos causados ao ambiente subterrâneo pela presença de contaminantes. Nos métodos diretos, a aquisição de informações sobre o meio ou extensão da contaminação é realizada através da coleta e análise de amostras de solo e águas subterrâneas, utilizando-se diferentes técnicas de perfuração do terreno (sondagens). Em contrapartida, nos métodos indiretos, são realizadas medições de certas propriedades químicas ou físicas do meio e que podem indicar as características da área e a presença de contaminantes subterrâneos sem a realização de coleta de amostras para análise, como exemplo os métodos geofísicos (AQUINO, 2022).

Em relação à avaliação específica de risco crônico (e não emergencial) numa situação de contaminação do solo, é importante destacar que devem coexistir três componentes principais (simultaneidade) para eventual adoção de ações para remediação da área afetada (Figura 3):

- Substância química contaminante acima de determinada concentração;
- Presença de receptores (moradores, usuários ou trabalhadores) no local impactado;
- Existência de vias de exposição à contaminação (inalação, ingestão, contato dérmico por exemplo).



Figura 3. Componentes do risco em contaminação do solo.

Fonte: CETESB (2020a).

Desta forma, se qualquer um desses componentes anteriores não estiver presente num determinado evento de contaminação subterrânea, não haverá risco. Portanto, em algumas ocorrências, as medidas de intervenção podem eliminar um desses componentes e controlar uma eventual situação passível de risco.

Em muitos casos, entretanto, apenas tais ações não são possíveis em função dos resultados obtidos pelo diagnóstico ambiental e do risco comprovado, exigindo a aplicação de uma ou mais técnicas de recuperação, apropriadas e legalmente permissíveis

Em função dos resultados da investigação detalhada da área impactada e da avaliação de risco aos receptores existentes nas proximidades é que será definido o plano de recuperação e onde estarão descritas, de forma pormenorizada, as tecnologias de tratamento dos solos contaminados a serem aplicadas no saneamento do local e que dependerão basicamente das características geológicas e hidrogeológicas encontradas, do tipo e do comportamento do contaminante presente e das metas de redução de suas concentrações para que não haja riscos.

Deste modo, as medidas a serem adotadas terão por objetivo reduzir a contaminação subterrânea para níveis de concentração aceitáveis, cujas ações e tecnologias no saneamento de Áreas Contaminadas são denominadas de remediação, mais especificamente, e têm por objetivo eliminar, neutralizar ou transformar contaminantes presentes no solo ou na água subterrânea (GÜNTHER, 2006).

IMPACTOS DOS POSTOS DE COMBUSTÍVEIS EM ÁREAS URBANAS

Formas de ocorrências e ações necessárias

Como fontes principais de contaminação subterrânea nas áreas urbanas dos municípios podem ser citados os postos de abastecimento de combustível devido ao grande número existente desses tipos de estabelecimentos no estado de São Paulo e dos inúmeros registros computados pela CETESB (2020), como já mencionado.

Os vazamentos de hidrocarbonetos líquidos, seja a partir de tanques de armazenamento subterrâneos, de linhas de abastecimento ou bombas, trazem como consequência a contaminação do solo e das águas subterrâneas, e podem provocar tanto riscos à saúde humana, como a possibilidade, em casos mais extremos, de ocorrências de incêndios e explosões.

Segundo Gouveia (2004), quando da ocorrência e constatação de perda de produto num compartimento de armazenamento subterrâneo, é necessário que se adotem medidas de controle sistemático de possíveis vazamentos, além de ações imediatas, caso necessárias, para reduções dos riscos emergenciais e implementação de atividades subsequentes para diagnóstico de um passivo ambiental existente objetivando a remediação futura da área contaminada.

Destaca-se aqui que a adoção de ações emergenciais nesses casos é de fundamental importância, pois, frequentemente, a constatação do problema se dá por afloramento de combustível em pontos distantes da fonte primária de contaminação, muitas vezes abrangendo áreas extensas decorrente das características de migração do hidrocarboneto em subsuperfície ou pela presença de caminhos preferenciais de escoamento subterrâneo, principalmente em zonas urbanas e onde se constata inúmeras galerias de utilidades existentes.

Portanto, nos procedimentos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas, é obrigatória a identificação e cadastramento dos postos de combustíveis como áreas potenciais pelo órgão responsável pelo licenciamento ambiental, principalmente levando-se em conta que a maioria desse tipo de estabelecimento está instalada em áreas urbanas densamente ocupadas por moradores ou por outras atividades. Neste caso, é fundamental a execução de inspeções para avaliação preliminar pelos técnicos de controle ambiental para coletas de informações in situ, diagnóstico das condições de integridade dessas fontes potenciais de contaminação com objetivo de fornecerem subsídios às ações preventivas dos impactos ao meio físico ou para minimizar seus efeitos à população afetada no caso de ocorrências.

Muitas vezes, numa avaliação preliminar de um posto de combustível, já se torna possível observar evidências que levem a se suspeitar da presença de contaminação na área e de sua localização mais provável, por exemplo: as condições das instalações do posto (bombas, tanques aéreos, filtros, etc), presença de fissuras ou rachaduras no piso onde são manejadas as substâncias com potencial de contaminação ou são armazenadas embalagens descartadas ou outros resíduos; a existência de coloração ou manchas no pavimento ou mesmo a presença física de contaminantes sobre a superfície (CROZERA, 2001), além de outras informações que podem apontar esta suspeição, como por exemplo altos índices de explosividade em ambientes confinados e que demandam equipamentos específicos para este tipo de medição.

A interpretação dos dados coletados nesta fase preliminar também permite elaborar um modelo conceitual (Ex. Figura 4) sobre a possível contaminação subterrânea e onde as evidências, em determinadas circunstâncias, poderão indicar a necessidade de adoção imediata de medidas emergenciais, para a proteção da saúde da população ou outros bens a proteger, e identificar, basicamente, a fonte primária de contaminação e os mecanismos de liberação, as fontes secundárias e os mecanismos de transporte, os caminhos e pontos de exposição à contaminação, as vias de ingresso e os receptores dentro e fora do local (GLOEDEN, 1999).

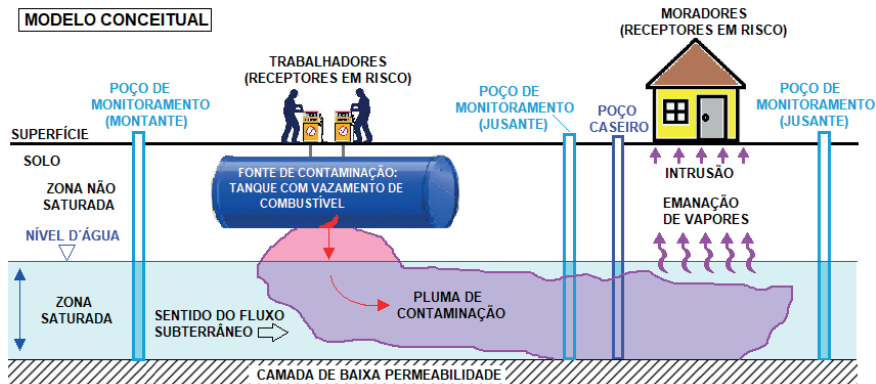


Figura 4. Exemplo de modelo conceitual de vazamento em posto de combustível.

Fonte: elaborado pelo autor.

Deste modo, a partir das informações coletadas na inspeção ao local, poderão ser propostas medidas corretivas e/ou preventivas para melhorar a forma de operação e manejo das substâncias na área do posto de combustível, visando evitar novas infiltrações, vazamentos, disposições inadequadas, entre outros.

Outro motivo de grande preocupação se refere à forma como os eventos se manifestam nos postos de abastecimento, pois, na grande maioria dos casos, tanto as contaminações superficiais provocadas por constantes lavagens do piso impregnado com produto e sucessivos derrames junto às bombas e bocais de enchimento dos reservatórios, como os vazamentos em tanques e tubulações subterrâneas somente são percebidos após o afloramento do produto em galerias de esgoto, redes de drenagem de águas pluviais, no subsolo de edifícios, em túneis, escavações e poços de abastecimento d'água, razão pela qual as ações emergenciais para atendimento a estas situações demandam o envolvimento de diversos órgãos públicos, além das empresas privadas envolvidas (GOUVEIA, 2004).

Portanto, considerando os fatos anteriormente expostos, constata-se o grande potencial de impacto que os vazamentos em Sistemas de Armazenamento Subterrâneo de Combustíveis (SASCs) e os derrames oriundos dos postos de combustíveis podem causar à qualidade do solo e água subterrânea e os riscos gerados ao ambiente urbano pelo alto índice de explosividade dos combustíveis, cuja consequência são graves transtornos à segurança e saúde dos residentes próximos, usuários e trabalhadores desses estabelecimentos, além de prejuízos financeiros às instituições públicas que atendem estas ocorrências para intervenções emergenciais ou decorrente dos trabalhos de saneamento das áreas por ventura impactadas.

Mesmo que a população residente próxima aos postos com vazamentos de combustíveis ou aqueles que exerçam atividades na área sejam os mais afetados, considerados como receptores de risco portanto, é fundamental que esses tomem

conhecimento sobre os procedimentos de identificação de indícios perceptíveis de ocorrência de contaminação subterrânea, com intuito de serem adotadas práticas para eliminação dos riscos emergenciais relacionados ao confinamento dos compostos voláteis em ambientes fechados e para prevenção dos riscos à saúde humana pela exposição aos contaminantes existentes (GOUVEIA, 2004).

Nas residências adjacentes aos postos de abastecimento, é importante a coleta de informações relativas à existência de odor característico de combustível ou presença física de produto em garagens subterrâneas ou poços de rebaixamento, como também em ralos e sifões das residências ou edifícios, além de odor, gosto, oleosidade ou constatação visual de hidrocarboneto sobrenadante (iridescência) na água de poços cacimbas.

É necessário destacar aqui que, caso se confirmem essas constatações, os residentes, que é o público alvo, devem ficar informados da necessidade de comunicação aos órgãos de controle para a adoção de medidas emergenciais e corretivas, visando minimizar os impactos ou seu agravamento, e, ao mesmo tempo, estarem cientes de manter os locais ventilados, vedar ralos, pias e outros locais de emanção dos odores, evitar o acionamento ou mesmo a aproximação de qualquer fonte que possa gerar calor ou faíscas, além da interrupção de eventual uso ou consumo de água subterrânea contaminada ou mesmo, em casos mais extremos, da possibilidade de interdição da área.

Conseqüentemente, se constatada pelos técnicos especializados uma situação de perigo, deverão ser implementadas ações emergenciais que, conforme a situação encontrada, poderão ser o isolamento e proibição de acesso à área afetada, ventilação e/ou exaustão de ambientes confinados, monitoramento dos índices de explosividade e ambiental, remoção de materiais principalmente aqueles inflamáveis ou explosivos, fechamento ou interdição de poços de abastecimento, interdição de edificações, proibição de atividades de escavação e contenção do avanço das plumas de contaminação (CETESB, 2001), por meio da construção de trincheiras e/ou instalação de poços subterrâneos de bombeamento e que, conseqüentemente, podem afetar o trânsito de veículos ou pessoas, o funcionamento de algumas atividades, além de ocuparem espaço físico, seja no próprio posto, seja em edificações adjacentes.

Verifica-se, portanto, que todas essas medidas de intervenção, que são extremamente necessárias de acordo com o quadro de emergência constatado, acarretam uma grande interferência no cotidiano de moradores, trabalhadores, usuários e proprietários do local, sem contar os riscos à saúde dos receptores existentes como já mencionado anteriormente, além de impactos ou prejuízos a outras atividades desenvolvidas na área afetada pelo vazamento, entre essas os serviços de utilidades subterrâneas.

Comportamento, toxicidade e limites ambientais dos hidrocarbonetos

Para avaliação de uma determinada situação de vazamento e até mesmo na elaboração de um modelo conceitual sobre uma determinada situação, é fundamental o conhecimento do comportamento dos hidrocarbonetos combustíveis no solo ou na água subterrânea. Assim, quanto às características da gasolina, ou diesel, segundo Ferreira *et al.* (2004), é importante salientar que esses contaminantes se caracterizam por serem imiscíveis e menos densos que a água subterrânea (*light non aqueous phase liquid – LNAPL*) e cujos comportamentos hidrogeológicos constituem as seguintes fases quando da ocorrência de vazamentos subterrâneos (Figura 5):

- fase adsorvida: parte do combustível que fica adsorvida na matéria orgânica, tanto na zona não saturada do solo, como na zona saturada;
- fase residual: porção do hidrocarboneto que percola o solo e fica retido nos poros sob forma de glóbulos desconectados;
- fase gasosa ou fase vapor: parcela de compostos voláteis presentes na zona não saturada do solo e é originada principalmente das fases livre e adsorvida;
- fase livre: produto sobrenadante em estado puro na água subterrânea (altas concentrações), denominado também de fase líquida;
- fase dissolvida: fração dissolvida na água subterrânea e cujas concentrações são menores que a fase livre, mas, frequentemente, superiores aos limites de potabilidade, o que pode restringir o uso da água de poços para abastecimento público nos locais impactados.

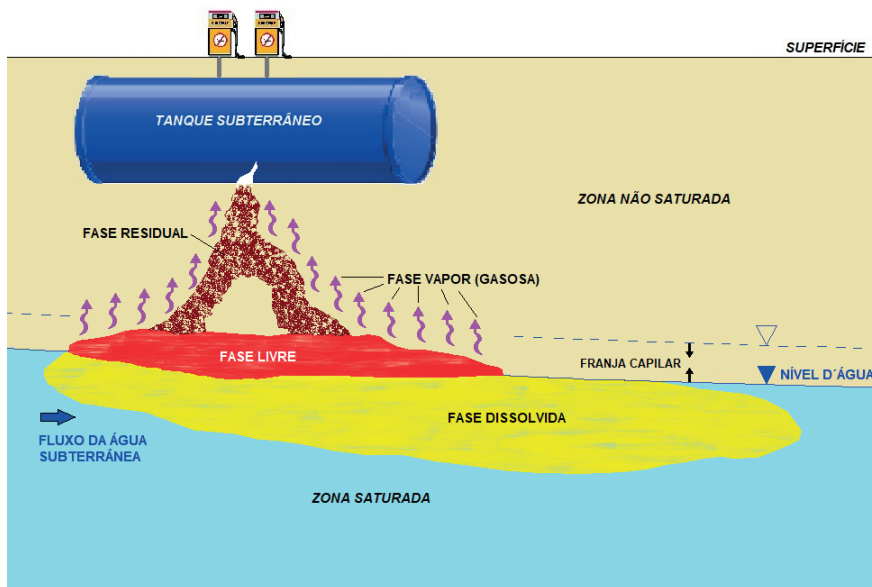


Figura 5. Distribuição das fases de combustível em vazamentos subterrâneos.

Fonte: modificado de Ferreira *et al.*, 2004.

Referente à fase gasosa e fase livre, estas constituem as principais fontes de liberação de compostos voláteis para ambientes confinados, tais como galerias, garagens subterrâneas, residências, entre outros, o que demanda suas imediatas remoções através da extração de vapores e bombeamento da água subterrânea (ações emergenciais). Na sequência, após os trabalhos de diagnóstico, análise de risco e cálculo das metas de remediação, é avaliada também a possibilidade da descontaminação da fase dissolvida, principalmente se houver o consumo de água subterrânea pelos receptores existentes ou na consideração desta ser prioritária como um bem a proteger (CETESB, 2001).

Os principais combustíveis presentes em eventos de vazamento de tanques de armazenamento ou linhas de abastecimento subterrâneas em postos de serviço são o diesel e gasolina, cujas compostos apresentam complexidade e mobilidade no ambiente subterrâneo, além da alta toxicidade ao ser humano. A exposição à gasolina ou ao diesel de maneira aguda em diversas formas de exposição (inalação, ingestão, contato dérmico), conforme Donato (2019), pode causar tontura, dor de cabeça, dificuldade respiratória, perda da consciência, irritação das vias aéreas, de pele, dos olhos ou da parede do estômago, náuseas, conjuntivite crônica e dermatites,

Quanto à composição, os principais constituintes da gasolina são os compostos monoaromáticos do grupo BTEX (Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno), que são tóxicos, tanto ao meio ambiente como ao ser humano, e atuam como depressores do sistema nervoso central e apresentam toxicidade crônica. Neste grupo, o Benzeno é o composto de maior toxicidade, com agravante de ser também carcinogênico, mesmo em concentrações da ordem de $\mu\text{g/L}$ (micrograma por litro). Por outro lado, Etilbenzeno e Tolueno não são considerados carcinogênicos, mas são compostos tóxicos, da mesma forma que os Xilenos (orto, meta e para-xileno) que, apesar de serem menos perigosos que os demais, podem causar doenças do fígado, rins e sistema nervoso (DONATO, 2019).

Esses compostos do grupo BTEX possuem alta solubilidade e baixa adsorção no solo, os quais implicam em grande mobilidade em subsuperfície e favorece o risco de contaminação das águas subterrâneas em grandes extensões nas suas fases dissolvidas e podem atingir poços nas imediações dos postos que apresentam contaminações. No Brasil, o Etanol é adicionado à gasolina e, por conta do seu efeito de cossolvência aumentando a solubilidade dos compostos BTEX em água, pode influenciar o transporte e a dispersão dos hidrocarbonetos proporcionando uma maior abrangência na contaminação dos aquíferos (FERREIRA *et al.*, 2004).

De acordo com Marques (2014), o diesel consiste de uma mistura complexa de hidrocarbonetos, BTEX, parafinas, cicloparafinas e olefinas, bem como possui em sua composição os Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAPs) e que constituem uma família de compostos orgânicos caracterizados por possuírem dois ou mais anéis aromáticos. As toxicidades desses HAPs são fatores primordiais para avaliação de risco à saúde humana por exposição a essas substâncias e cujos efeitos estão associados a um

aumento de incidência de vários tipos de câncer, em especial pelo benzo(a)pireno, que é o composto mais estudado devido à sua potente ação carcinogênica.

Na sequência, são apresentados os níveis aceitáveis de concentração (limites ambientais) dos principais compostos da gasolina e diesel no solo conforme seu uso agrícola, residencial ou industrial, conforme determinado pela CETESB (2021).

VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO - 2021							
Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Sub. (µg L ⁻¹)
		VRQ	VP	VI			
				Agrícola	Residencial	Industrial	VI
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS VOLÁTEIS							
Benzeno	71-43-2	-	0,002	0,02	0,08	0,2	5
Estireno	100-42-5	-	0,5	50	60	480	20
Etilbenzeno	100-41-4	-	0,03	0,2	0,6	1,4	300
Tolueno	108-88-3	-	0,9	5,6	14	80	30
Xilenos	1330-20-7	-	0,03	12	3,2	19	500
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS							
Antraceno	120-12-7	-	0,3	2300	4600	10000	900
Benzo(a)antraceno	56-55-3	-	0,2	1,6	7	22	0,4
benzo(b)fluoranteno	205-99-2	-	0,7	2	7,2	25	0,4
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	-	0,8	27	75	240	4,1
Benzo(g,h,i)perileno	191-24-2	-	0,5	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	-	0,1	0,2	0,8	2,7	0,4
Criseno	218-01-9	-	1,6	95	600	1600	41
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	-	0,2	0,3	0,8	2,9	0,04
Fenantreno	85-01-8	-	3,6	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	-	0,4	3,4	8	30	0,4
Naftaleno	91-20-3	-	0,7	1,1	1,8	5,9	60

Tabela 1. Limites de concentração dos hidrocarbonetos no solo e na água subterrânea.

Fonte: modificado de CETESB, 2021.

Merece atenção especial os valores definidos pelo Valor de Intervenção (VI) que, ao ser ultrapassado pela concentração de uma determinada substância, indica que o solo no qual este contaminante está presente não possui mais uma qualidade ambiental suficiente para manter sua multifuncionalidade, degradando e afetando sua sustentabilidade (perda de atributos). Esta constatação adversa implica em risco à saúde humana (receptores potenciais) e desencadeia a adoção dos procedimentos do Gerenciamento de Áreas Contaminadas (GAC) para diagnóstico ambiental detalhado da situação e proposição de futura remediação para atingir níveis aceitáveis em que não haja riscos.

Quanto à preocupação com a qualidade ambiental dos recursos hídricos subterrâneos, que se refere aos limites de concentração na água subterrânea da tabela anterior, os valores apresentados para os hidrocarbonetos são geralmente muito baixos (da ordem de partes por bilhão) e estão associados à potabilidade e, portanto, são bem restritivos em função da necessidade de preservação deste bem a proteger.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi verificado nas discussões anteriores, os postos de combustíveis se apresentam como as principais fontes de contaminação do solo e da água subterrânea nas zonas urbanas, cujas consequências são muito preocupantes pelo tipo de contaminantes causadores dos impactos, que são primordialmente gasolina e diesel, e suas formas de contaminação por meio de vazamentos subterrâneos. Neste caso, tais ocorrências provocam, não apenas transtorno aos residentes e às atividades do entorno, mas também uma situação de risco emergencial com possibilidade de incêndios e explosões pela presença de substâncias voláteis, como também de risco agudo e crônico à saúde humana em função da toxicidade e de potencial carcinogênico de alguns compostos hidrocarbonetos e pela proximidade da população em condição de vulnerabilidade perante essas fontes de contaminação. Nas últimas décadas, mesmo com desenvolvimento de protocolos de segurança e avanços técnicos nas instalações e nos métodos para monitoramento de vazamentos de combustíveis, os postos de abastecimento continuam apresentando a maior frequência de ocorrências nos registros de áreas contaminadas do órgão de controle ambiental do estado de São Paulo, cujos eventos continuam a demandar muitos recursos monetários, materiais e humanos para atendimento desde a fase imediata de intervenção e emergência até os trabalhos de remediação para saneamento do local afetado, tornando muito desafiadora a missão de redução dos casos a médio e longo prazo. Quanto a preservação da qualidade do solo e da água subterrânea como bens a proteger, observa-se que os impactos ocasionados pelos hidrocarbonetos contaminantes em subsuperfície afetam sobremaneira a sustentabilidade desses ambientes, muitas vezes afetando seus usos atuais e futuros e que podem trazer danos irreversíveis a suas multifuncionalidades, sem levar em conta a redução dos valores imobiliários das propriedades afetadas pela contaminação.

REFERÊNCIAS

AQUINO, W.F. **Método geofísico de Resistividade Capacitiva na avaliação ambiental de contaminação subterrânea por diferentes fontes**. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Estadual Paulista (UNESP) - ICTS, Sorocaba, SP. Brasil. 214 p. 2022. Disponível em <http://hdl.handle.net/11449/236836>

BITAR, O.Y. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na Região Metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade de São Paulo – Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas. 185 p. 1997. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-25102001-165349/publico/Tese.PDF>.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – IBAMA. **Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2017/09/resolucao-conama-420-2009-gerenciamento-de-ac.s.pdf>>.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Programa CETESB/GTZ. São Paulo. 389p. 2001. Disponível em https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5584477/mod_resource/content/1/Manual%20Cetesb%20Completo_%C3%A1reas%20contaminadas.pdf

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de áreas contaminadas e reabilitadas no estado de São Paulo. São Paulo**, 12p, 2020. Disponível em <https://cetesb.sp.gov.br/areas-contaminadas/wp-content/uploads/sites/17/2021/03/TEXTO-EXPLICATIVO-2020.pdf>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. Valores orientadores para solo e água subterrânea, 4p. 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/valores-orientadores-para-solo-e-agua-subterranea/>.

CROZERA, E.H. **Identificação das áreas contaminadas no município de Ribeirão Pires - São Paulo**. Tese de Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 202p. 2001. DOI: 10.11606/T.44.2002.tde-11112015-144918. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-11112015-144918/pt-br.php>.

CÔRTEZ, P.L, ALVES A. P., FILHO, RUIZ M.S., & TEIXEIRA, C.E. **Revista de Administração e Inovação**, n. 8 (v. 2). p. 132-163. 2011.

DONATO, M.A.R. Análise Preliminar de Risco em Posto de Combustível localizado em Aracaju – SE Monografia apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho São Paulo. 83 p. 2019

FERREIRA, S.M.; OLIVEIRA, E.; DUARTE, U. Comportamento da gasolina com etanol (E-20) e da gasolina pura após a simulação de um vazamento em coluna de laboratório. **Revista do Instituto de Geociências-USP**, v. 4, n. 2. P. 91-102, 2004. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/guspspc/article/view/27401/29173>>

GIUSTI L. A review of waste management practices and their impact on human health. **Waste Management**, v.29, n.8, p. 2227-2239. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.03.028>

GLOEDEN, E. **Gerenciamento de áreas Contaminadas na Bacia Hidrográfica do Reservatório Guarapiranga, São Paulo**. Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 239p. 1999. DOI: 10.11606/T.44.1999.tde-12022015-152823. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-12022015-152823/pt-br.php>.

GOUVEIA, J.L.N. **Atuação de equipes de atendimento emergencial em vazamentos de combustíveis em postos e sistemas retalhistas**. Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. 214 p. 2004. Disponível em <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-03112015-124755/es.php>

GÜNTHER, W.M.R. Áreas contaminadas no contexto da gestão urbana. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, p. 105-117, 2006. Disponível em: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n02/v20n02_08.pdf>. Acesso em 09 jan. 2023.

KIST L. T.; ROSA, F.R.; MORAES, J. A.R. & MACHADO, E. L. Diagnosis of hospital waste management in Vale do Rio Pardo, Rio Grande do Sul, Brazil. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GEAS)**, v. 7, n. 3, p. 554-569. 2018. Disponível em <https://www.redalyc.org/journal/4716/471659747012/>

LIMA, S.D., OLIVEIRA, A.F., GOLIN R., CAIXETA, D.S., LIMA, Z.M., & MORAIS, E.B. Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v.12, n. 2, p. 299-315, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/kbh9gRmfBkkHypzXXf4FFJy/?format=pdf&lang=pt>>.

MARQUES, L.S. **Remediação de solo contaminado com óleo diesel utilizando co-produtos da produção do biodiesel**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 154p 2014.

SALINAS, V. C. F. Contaminação do solo em São Paulo: O caso da operação urbana Bairros do Tamanduateí. **Revista Labverde**, v.1 (10), p. 84-102. 2015.

SÁNCHEZ, L.E. Revitalização de áreas contaminadas. In: MOERI, E.; COELHO, R.; MARKER, A. (Ed.). **Remediação e revitalização de áreas contaminadas**. São Paulo: Signus Editora, p. 79-90. 2004.

SÃO PAULO (Estado) **Lei nº 13.577, de 08 de julho de 2009** – Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá outras providências correlatas. Disponível em www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html.

SILVA, F.C. **Avaliação de metais potencialmente tóxicos em zona não saturada da necrópole de Nossa Senhora Aparecida, Piedade, SP**. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista, Instituto de Ciência e Tecnologia. Sorocaba. 249p. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Population health and waste management: scientific data and policy options. **Report of a WHO workshop Rome, Italy**, p. 29-30 March 2007. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe. 2007

REDUÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUA: UMA ALTERNATIVA PARA O ALTO CUSTO NA SUA DISPOSIÇÃO FINAL

Data de aceite: 02/05/2024

Geovanna Rafaela Pasuch Hauenstein

Daniel Colombari Filho

Julia Couri Trevizan

Ricardo Bortoletto Santos

Isadora Alves Lovo Ismail

RESUMO: A degradação dos recursos naturais vem afetando categoricamente a qualidade da água disponível para abastecimento devido aos danos causados aos sistemas hídricos. O aumento populacional trouxe consigo uma grande carência na disponibilidade de água potável, necessitando de um alto volume de água tratada pelas Estações de Tratamento de Água. As ETAs geram uma elevada quantidade de resíduos, decorrentes principalmente dos decantadores, da água de lavagem dos filtros e da limpeza dos tanques de produtos químicos, compostos por substâncias prejudiciais ao meio ambiente – como a presença de metais pesados, que impõem a presença de um tratamento precedente à sua disposição. Devido à sua composição, que apresenta comumente uma umidade maior que 95%,

os custos para transporte e disposição final ambientalmente corretos são elevados, trazendo a redução de seu volume como uma alternativa técnica e economicamente viável.

PALAVRAS-CHAVE: Lodo; Resíduos; ETA; Tratamento; Disposição Final.

ABSTRACT: The degradation of natural resources has categorically affected the quality of water available for supply due to the damage caused to water systems. The population increase brought with it a great lack in the availability of drinking water, requiring a high volume of water treated by Water Treatment Plants. WTPs generate a high amount of waste, mainly resulting from decanters, filter washing water and cleaning of chemical tanks, composed of substances harmful to the environment – such as the presence of heavy metals, which impose the urgency of prior treatment at their disposal. Due to its composition, which commonly presents a humidity greater than 95%, the costs for environmentally correct transportation and final disposal are high, bringing the reduction of its volume as a technically and economically viable alternative.

KEYWORDS: Sludge; Waste; WTP; Treatment; Final Disposition.

INTRODUÇÃO

Por efeito do desenvolvimento populacional observado nos últimos séculos, houve um aumento proporcional na demanda por água potável, impondo um maior volume de água tratada pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs). Simultaneamente, a degradação dos mananciais em razão da contaminação e poluição dos recursos hídricos é cada vez mais ascendente (Hedlund, 2016).

As Estações de Tratamento de Água são partes fundamentais e exercem um papel imprescindível na garantia da qualidade da água, atingindo os padrões de potabilidade compatíveis com o seu uso. O tratamento e as tecnologias empregados variam de acordo com a qualidade da água bruta e a finalidade à qual sua utilização se destina (Lima, 2016; Hedlund, 2016).

Deste modo, as ETAs atuam como indústrias produtoras de água, constituídas, principalmente, por ETAs de ciclo completo, que são formadas pelos processos e operações de captação da água bruta, coagulação, floculação, decantação ou flotação, filtração, desinfecção e fluoretação. Assim como nas outras indústrias, as Estações de Tratamento de Água produzem resíduos, os quais são decorrentes do processo de potabilização da água bruta, ocasionando a geração de uma elevada quantidade dos mesmos (Hedlund, 2016).

Os principais resíduos gerados por Estações de Tratamento de Água convencionais são os procedentes dos decantadores, da água de lavagem dos filtros e da limpeza de tanques de produtos químicos. Suas características e a frequência de descargas empregadas influenciam na escolha do tratamento a ser empregado. Em uma ETA de ciclo completo, a lavagem dos filtros gera o maior volume de lodo, já o decantador, gera a maior quantidade de lodo em termos mássicos (Silva Júnior, 2003; Lima, 2016).

Dentro de uma ETA, os principais impactos ambientais estão associados aos resíduos originados ao longo do processo. Há pouco tempo, as águas provenientes da lavagem dos filtros e das descargas dos decantadores eram lançadas diretamente em corpos d'água, sem nenhum tipo de tratamento. Todavia, isso não é mais aceito. Esses resíduos são formados por compostos químicos prejudiciais ao meio ambiente, necessitando de tratamento para que então sejam dispostos corretamente. Embora não se trate de um problema recente, a disposição inadequada de resíduos gerados por Estações de Tratamento de Água causa efeitos prejudiciais ao meio ambiente, particularmente nos grandes centros, visto que esses lodos possuem concentrações de metais pesados como ferro e alumínio, que podem acarretar na toxicidade de ambientes aquáticos, além de aumentar a concentração de sólidos, mudança de cor, turbidez, assoreamento e composição química dos corpos receptores quando lançados sem tratamento (Guimarães, 2007; Lovo, 2016; Lima, 2016; Silva Júnior, 2003).

A característica principal do lodo de ETAs é sua composição, basicamente formada por água e sólidos em suspensão, apresentando uma umidade comumente maior que 95%. A qualidade e a quantidade de resíduos gerados em uma Estação de Tratamento de Água dependem de fatores como a qualidade da água bruta, a tecnologia empregada no tratamento, os meios de coagulação e o emprego de auxiliares de coagulação, de oxidantes e carvão ativado, a automação dos processos e operações, a forma de limpeza dos decantadores e lavagem dos filtros, entre outros. Os resíduos de ETAs são classificados pela NBR 10.004 (2004) como resíduos sólidos e, portanto, não é permitido o seu lançamento em águas superficiais (Hedlund, 2016; Lovo, 2016; Lima, 2016).

Apesar de classificados como resíduos sólidos, os resíduos de ETAs apresentam baixo teor de sólidos e, levando-se em consideração o elevado custo para transporte e disposição final ambientalmente adequados, a diminuição precedente do seu volume se apresenta como uma alternativa econômica e tecnicamente viável. Os principais processos empregados para essa redução, dependendo do tipo de disposição final requerida, podem ser o condicionamento químico, o desaguamento e o adensamento (Silva Júnior, 2003).

As consequências causadas ao meio ambiente pelo lançamento desses resíduos em corpos d'água são severas. Podem surgir alterações nas suas características químicas, físicas e biológicas, sobretudo pela sobrecarga de alumínio, que está presente em concentração acentuada nos resíduos de ETAs. Mesmo com maiores exigências no âmbito legal, o descarte inadequado de resíduos em rios e córregos ainda é realizado. Não obstante, a crescente preocupação do mundo com a qualidade ambiental é um grande estímulo para a mudança deste cenário. Logo, o manuseio adequado desses resíduos passa a ser uma perspectiva fundamental para o alcance de uma concepção ambientalmente correta (Hedlund, 2016; Guimarães, 2007).

OBJETIVOS

O objetivo do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura para estudos voltados ao tratamento e redução dos resíduos provenientes de Estações de Tratamento de Água.

MATERIAL E MÉTODOS

Em síntese dos trabalhos elaborados em relação aos processos empregados no tratamento e redução de volume do resíduo sólido originado em Estações de Tratamento de Água para posterior disposição final, é notável sua importância para a garantia da qualidade do meio ambiente.

Nesse âmbito, utiliza-se da revisão de literatura para analisar e descrever determinado tema, “em busca de resposta a uma pergunta específica” (UNESP, 2015). Na elaboração deste trabalho utilizou-se o método de revisão integrativa com interesse principal em estudos de tratamento e tecnologias para a redução do volume dos resíduos sólidos gerados em ETAs. O material de estudo foi obtido através de publicações de artigos.

RESULTADOS

Um sistema de tratamento de água tem por propósito a retirada de qualquer possível contaminação, inibindo a propagação de doenças e tornando a água bruta propícia para uso de acordo com sua necessidade. No fornecimento público de águas advindas de cursos d'água, as Estações de Tratamento de Água (ETAs) atuam como um importante provedor para o alcance dos padrões de potabilidade, porém, a partir de seus processos e operações, geram resíduos que possuem em sua composição substâncias que prejudicam a qualidade do meio ambiente quando dispostos incorretamente. A fim de reduzir os danos ambientais e também os custos do processo, são estudadas alternativas para o tratamento do lodo gerado em Estações de Tratamento de Água (Lima, 2016; Hedlund, 2016; Silva Júnior, 2003).

Lima (2016) estudou o desaguamento do lodo da ETA 006 da cidade de Palmas, no estado do Tocantins, por meio de polímeros e filtração em geotêxtil. O local de estudo situava-se na rodovia TO-050 e a captação de água bruta era realizada no Ribeirão Taquarussu. Tratava-se de uma ETA de ciclo completo que atendia cerca de 85% da demanda total da cidade – operando com uma vazão de 800 L/s em um período de funcionamento de 20 h/dia, que conta com unidades de coagulação, floculação, decantação e filtração. Seu processo se iniciava na captação da água bruta, seguida da aplicação de cal hidratada para correção do pH. Após, ocorria o processo de coagulação, onde utilizava-se como coagulante o sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ na garganta do vertedor Parshall – que tinha a função de medir a vazão afluente à ETA e promover a mistura rápida do coagulante com a água. O sistema de floculação em paralelo era formado por dois módulos, cada um alimentando um decantador e na decantação, dois decantadores do tipo convencional, com escoamento horizontal, eram alocados também em paralelo na unidade de tratamento, contando com raspadores de lodo mecanizados. A ETA contava com 8 filtros de areia do tipo descendentes, sendo todos automatizados e, ao final da filtração, a água era direcionada para um tanque de contato para aplicação de cloro e flúor.

A Estação de Tratamento de Água possuía um sistema de tratamento para os resíduos gerados, oriundos dos processos de lavagem dos filtros e descarga dos decantadores. O lodo acumulado após a remoção da água presente era encaminhado para o tratamento. Esse sistema contava com um Tanque de Recepção das Descargas dos Decantadores e Sólidos da Água de Lavagem dos Filtros (TRDD/SALF) – acumulava o lodo gerado pelo tratamento de água e, através de um agitador, promovia a homogeneização do resíduo; um Tanque de Clarificação da Água de Lavagem dos Filtros (TCALF) – operando em batelada, recebia e clarificava a água de lavagem dos filtros; Tanque de Água Recuperada (TAR) – recebia a água clarificada no TCALF e TRDD/SALF e bombeava a mesma para o início do tratamento na ETA; e Sistema de Desaguamento do Lodo em Bags de Geotêxtil – recebiam o lodo procedente do TRDD/SALF (Lima, 2016).

Para os ensaios de bancada, os seguintes passos foram seguidos (Lima, 2016):

- Coleta do lodo: o lodo utilizado no estudo era proveniente da mistura dos resíduos armazenados no TRDD/SALF e foi coletado uma única vez;
- Caracterização da amostra bruta: análises de sólidos suspensos totais (SST) e turbidez foram realizadas na amostra bruta;
- Dosagem do polímero: foram utilizados sete polímeros sintéticos – um não iônico, três aniônicos e três catiônicos, na forma granular, preparados em soluções com concentração de 1%. Foram realizados sete ensaios para cada polímero, nas dosagens de 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 mgPol/gSST;
- Ensaios de Jarteste com filtração direta em manta geotêxtil.

Os parâmetros observados foram volume filtrado, turbidez e teor de sólidos suspensos totais. Lima (2016) observou, após os testes, que a utilização de polímeros acelerou o processo de desaguamento do lodo oriundo da ETA, sendo o polímero E (polímero catiônico), quem manifestou melhores resultados – nas concentrações de 8 e 10 mgPol/gSST para redução de SST, 10 mgPol/gSST para um maior volume de drenado e 14 mgPol/gSST para redução da turbidez.

Hedlund (2016) comparou os processos de sedimentação e flotação por ar dissolvido (FAD) no adensamento do lodo de uma Estação de Tratamento de Água. O estudo aconteceu no município de São Gabriel, estado do Rio Grande do Sul, que contava com apenas uma ETA e tinha sua captação de água bruta no Rio Vacacaí. A Estação de Tratamento de Água de São Gabriel era do tipo convencional, formada pelos processos de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção, e operava na capacidade de 135 L/s. A água bruta captada chegava na ETA através de uma adutora, seguindo para uma calha Parshall, onde se fazia a medição da vazão e dosagem de produtos químicos – pré-cloração e adição de coagulante cloreto de polialumínio (PAC). O processo de floculação contava com 6 floculadores mecânicos e, após floculada, a água seguia para a decantação, realizada em 2 decantadores convencionais de escoamento horizontal, seguindo para a filtração, que ocorria em 6 filtros de areia de fluxo descendente. A ETA não possuía reservatório para a estocagem do resíduo acumulado nos decantadores, bem como para a água utilizada na limpeza deles, sendo descartados em cursos d'água.

Para a realização do experimento, o lodo estudado foi coletado nos decantadores em duas amostragens, sendo enviadas para laboratório, onde foram homogeneizadas e caracterizadas e então preparadas para ensaios de Jarteste e adensamento. Todos os ensaios aconteceram no Laboratório de Engenharia do Meio Ambiente (LEMA) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O experimento foi dividido nas seguintes etapas (Hedlund, 2016):

- Etapa 1 – Caracterização do lodo gerado na ETA de São Gabriel: o resíduo proveniente da Estação de Tratamento de Água do município de São Gabriel foi caracterizado qualitativamente – análises físico-químicas e microbiológicas; e quantitativamente – geração total do resíduo;
- Etapa 2 – Classificação dos lodos da ETA segundo a NBR 10.004/2004: o resíduo gerado pela Estação de Tratamento de Água foi classificado, de acordo com a NBR 10.004/2004, como resíduo Classe II A – Não Inerte devido a presença de ferro, alumínio e manganês em concentrações acima do definido pela norma;
- Etapa 3 – Ensaio em Jarreste para avaliação dos polímeros: foi avaliada a performance de cinco polímeros, entre eles, um não iônico, um aniônico e três catiônicos, sendo um catiônico em emulsão e o restante em cristais;
- Etapa 4 – Ensaio de adensamento do lodo: foram realizados ensaios de adensamento para ambas as amostragens a partir dos resultados alcançados no Jarreste, onde três polímeros foram selecionados – polímero não iônico, polímero aniônico e polímero catiônico de baixa densidade de carga; com dosagens variando entre 0 e 5,5 mgPol/gSST. Os ensaios de adensamento por sedimentação foram desenvolvidos em proveta graduada de 1L com duração de 6 horas, e os ensaios de adensamento por flotação por ar dissolvido (FAD) foram realizados em uma coluna de flotação por ar dissolvido com capacidade de 3L, alimentada em batelada, com duração de 30 minutos.

O uso de polímeros reduziu a turbidez da água clarificada nos ensaios de adensamento por sedimentação e flotação. Foram obtidos melhores resultados de maior velocidade de clarificação e menor turbidez no adensamento por FAD, sem disparidade entre as dosagens de polímeros. Já para melhores resultados em menor resistência à filtração, o adensamento por sedimentação com dosagens mais altas se apresentou como melhor processo (Hedlund, 2016).

Lovo (2016) fez uma avaliação entre o adensamento por gravidade e o desaguamento por centrifugação do lodo gerado no tratamento de água. A água de estudo foi composta pela mistura entre a água do poço da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) – desclorada a partir da adição de tiosulfato de sódio; e sedimentos do Rio Pardo para atingir uma turbidez de 1000 uT. Após o preparo das amostras em diferentes concentrações de lodo, foram realizadas análises físico-químicas para sua caracterização e definidos os parâmetros, equipamentos e produtos químicos que seriam utilizados nos testes. Foram utilizados cinco polímeros, sendo um sintético catiônico, um sintético aniônico, um sintético não iônico e dois orgânicos catiônicos, com diferentes densidades de carga e peso molecular.

Foram realizados ensaios de bancada de coagulação com coagulante cloreto de polialumínio, floculação e sedimentação em Jarreste e seguiu-se para os experimentos de adensamento e desaguamento. No adensamento por gravidade, os ensaios foram realizados em uma proveta graduada com concentrações de lodo de 0,63 gSST/L e 5,7

gSST/L. Foram estipuladas diferentes quantidades de polímeros: 0,4; 0,8; 2,0 e 4,0 mgPol/gSST para o lodo de 0,63 gSST/L e 0,4; 0,9; 2,2 e 4,4 mgPol/gSST para o lodo de 5,7 gSST/L. Os ensaios de desaguamento por centrifugação foram desenvolvidos em uma centrífuga de bancada com rotação de 3600 rpm, e também foram utilizadas duas concentrações de lodo, 5,7 gSST/L e 23,9 gSST/L, sendo adicionadas diferentes quantidades de polímeros: 1,8; 2,6; 3,5 e 4,4mgPol/gSST para o lodo com concentração de 5,7 gSST/L e 2,5; 3,8; 5,0 e 6,3 mgPol/gSST para o lodo com 23,9 gSST/L (Lovo, 2016).

Lovo (2016) observou que nos ensaios de adensamento, para a concentração de 0,63 gSST/L, o uso de polímeros orgânicos não apresentou resultados satisfatórios, só sendo possível sua clarificação a partir do uso de polímeros sintéticos principalmente polímero catiônico; e para o lodo com concentração de 5,7 gSST/L, os polímeros sintéticos obtiveram melhores performances quando comparados ao uso de polímeros orgânicos. As melhores dosagens de polímeros foram as mais elevadas, que possibilitaram a redução de 75% da turbidez e remoção de 80% dos sólidos totais da amostra com 0,63 gSST/L e redução de até 95% da turbidez e remoção de 90% dos sólidos totais do lodo com 5,7 gSST/L. Já para os ensaios de desaguamento por centrifugação, o lodo com concentração de 5,7 gSST/L obteve melhores resultados com o uso do polímero catiônico em menor dosagem, que proporcionou a redução de 99,9% da turbidez e remoção de 96% dos sólidos totais, enquanto que para a amostra de lodo com concentração de 23,9 gSST/L, o uso de polímero orgânico se destacou, trazendo a redução de 99,9% da turbidez e remoção de 99% dos sólidos totais.

Guimarães (2007) estudou o adensamento e desidratação dos resíduos gerados na Estação de Tratamento de Água de Brasília, comparando os processos de sedimentação e flotação por ar dissolvido para o adensamento. O abastecimento de água no Distrito Federal era formado por 9 estações de tratamento, sendo a ETA de Brasília uma das principais, com um volume de 1500 L/s de água tratada. A ETA-Brasília apresenta duas alternativas de operação: por filtração direta – a água proveniente da lavagem dos filtros era adensada por flotação e o lodo acumulado era desidratado por meio de centrífugas; e por tratamento completo – a água de lavagem dos filtros era redirecionada para o início do sistema de tratamento e o lodo gerado no processo de floculação era enviado para desidratação em centrífugas.

Os experimentos de adensamento foram realizados na ETA-Brasília e os ensaios de desidratação e demais análises no Laboratório de Análise de Água do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental UnB – LAA, e foram divididos em três etapas (Guimarães, 2007):

- Etapa 1 – Experimentos preliminares: subdividida em duas fases, sendo a primeira para definir os aspectos do adensamento e as condições de centrifugação, e a segunda, estudos preliminares de desidratação em centrífugas, definindo os parâmetros para a centrifugação, os polímeros utilizados – foram utilizados sete polímeros, sendo um não iônico, quatro aniônicos e dois catiônicos, variando entre si em sua densidade de carga e peso molecular; e a avaliação da influência do teor de sólidos na desidratação;
- Etapa 2 – Experimentos de centrifugação: ensaios de desidratação do resíduo adensado por flotação e sedimentação por centrifugação;
- Etapa 3 – Experimentos complementares: estudos precedentes sobre desidratação por filtração forçada e condicionamento de resíduo adensado por congelamento e descongelamento.

Guimarães (2007) concluiu em seu artigo que não houve diferença na desidratação do lodo adensado por sedimentação ou flotação. Também observou o sucesso do condicionamento do lodo adensado por congelamento e descongelamento, que trouxe um importante ganho na desidratação do mesmo, o que não ocorreu com a filtração forçada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Influências sofridas pelos sistemas hídricos causadas a partir da degradação de recursos naturais afetam rigorosamente a qualidade da água fornecida para consumo humano. Estudos voltados a novas técnicas de tratamento de água e o uso de fontes alternativas vêm sendo elaborados, em busca de melhorias na qualidade da água distribuída e da redução dos resíduos gerados (Hedlund, 2016).

Conhecida também como Padrão de Potabilidade da Água, a Portaria nº 888, de 04 de maio de 2021 do Ministério da Saúde, traz que toda a água disposta para consumo deve seguir padrões de potabilidade, obedecendo os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos. Para que se defina quais os processos serão empregados no tratamento da água, são levadas em consideração a qualidade da água bruta e a qualidade almejada para a água tratada, visando a remoção ou minimização de componentes impertinentes para a água de abastecimento, retirando toda contaminação e impossibilitando a propagação de doenças (Brasil, 2011; Hedlund, 2016; Lima, 2016).

Os resíduos originados em Estações de Tratamento de Água são tidos como um sério problema ambiental, à nível mundial. Eles são constituídos por impurezas presentes na água captada (água bruta), produtos químicos utilizados no tratamento e os sub-produtos oriundos das interações dos processos. Hoje, as tecnologias existentes têm a finalidade de abrandar o impacto causado pelos resíduos de ETAs ao meio ambiente. Elas variam de acordo com a sua localidade, levando-se em conta o clima, a composição do RETA gerado, a mão-de-obra, entre outros. No Brasil, ainda hoje, os lodos de Estações de

Tratamento de Água são dispostos, frequentemente, em cursos d'água sem que haja um tratamento prévio, o que favorece sua contaminação (Lovo, 2016; Lima, 2016).

É indispensável conhecer as características dos resíduos para definir os meios de disposição final e qual a tecnologia empregada em seu tratamento. Sua caracterização se baseia em consideração a diversos parâmetros químicos, físicos e biológicos, como: turbidez, pH, sólidos, alcalinidade, indicadores de presença de matéria orgânica, indicadores bacteriológicos, resíduos de coagulantes ou íons metálicos, etc. Dos citados, o principal parâmetro utilizado para caracterizar o RETA é a determinação da concentração de sólidos (Lovo, 2016; Guimarães, 2007).

O processo convencional, composto por diversas etapas, utilizado nas Estações de Tratamento de Água para abastecimento origina resíduos – sobretudo nas unidades de sedimentação, flotação e filtração, mas também nas lavagens de tanques de preparação de produtos químicos e outras atividades realizadas na estação (Guimarães, 2007; Hedlund, 2016).

Os lodos gerados nas ETAs, em suma, apresentam dificuldade no processo de desidratação mecânica, devido aos problemas na formação de flocos, necessitando o condicionamento antecedente para que haja um aperfeiçoamento no processo de desidratação, aumentando a recuperação dos sólidos a partir da drenagem da água (Lima, 2016).

O condicionamento químico do lodo tem como finalidade a preparação do resíduo para o desaguamento, onde será retirada a maior quantidade possível de água do despejo, reduzindo então o seu volume. Os principais métodos utilizados no condicionamento do lodo são: tratamento térmico, congelamento, aplicação de produtos químicos e aplicação de auxiliares de filtração, sendo a aplicação de produtos químicos o método mais empregado no adensamento e desidratação do resíduo, com o uso de íons metálicos, polímero e cal (Lima, 2016).

Todos os autores citados estudaram formas de redução de volume para resíduos originados no tratamento de água para abastecimento.

Lima (2016) estudou o desaguamento do lodo de uma Estação de Tratamento de Água de ciclo completo por meio de polímeros e filtração em geotêxtil e, segundo o autor, a utilização de polímeros, especialmente polímeros catiônicos, em maiores dosagens, acelerou o processo de desaguamento e apresentou melhores resultados no maior volume drenado e redução da turbidez.

Hedlund (2016) comparou os processos de sedimentação e flotação por ar dissolvido no adensamento de uma ETA de tratamento convencional e, assim como Lima (2016), observou redução na turbidez com o uso de polímeros, em todas as concentrações, principalmente no processo de adensamento por flotação por ar dissolvido, que também trouxe uma maior velocidade de clarificação. Já para o adensamento por sedimentação, a dosagem mais alta de polímeros proporcionou melhores resultados quanto à menor resistência à filtração.

Lovo (2016) avaliou o adensamento por gravidade e desaguamento por centrifugação do lodo gerado no tratamento de água. Segundo ela, nos ensaios de adensamento, os polímeros sintéticos – em especial o polímero catiônico; apresentou melhor performance quando em dosagens mais elevadas na redução da turbidez e remoção de sólidos totais, enquanto no desaguamento por centrifugação, em menores concentrações de SST, o polímero catiônico obteve melhor desempenho em baixa dosagem e, em maiores concentrações de SST, o uso de polímero orgânico se destacou na redução da turbidez e remoção de sólidos totais.

Por fim, Guimarães (2007), também comparou os processos de adensamento por sedimentação e flotação por ar dissolvido e a desidratação dos resíduos gerados em uma ETA. Ele concluiu que não se pode observar diferenças na desidratação do lodo adensado por sedimentação ou flotação, bem como a importância do condicionamento por congelamento e descongelamento do lodo adensado no ganho da desidratabilidade.

É notória a importância da proteção da qualidade ambiental visto às influências causadas aos recursos naturais pelo manejo inadequado de resíduos. Alternativas técnicas e economicamente viáveis para a disposição ambientalmente adequada deles são imprescindíveis para a mitigação dos problemas ambientais observados ainda hoje.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004 – Resíduos Sólidos – Classificação. Segunda edição. Disponível em <<https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004- Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

GUIMARÃES, G. C. Estudo do adensamento e desidratação dos resíduos gerados na ETA-Brasília. Universidade de Brasília – UnB, 2007.

HEDLUND, K. F. S. Adensamento de lodo de Estação de Tratamento de Água: comparação entre sedimentação e flotação. Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, 2016.

LIMA, R. M. Desaguamento do lodo da Estação de Tratamento de Água (ETA) 006 da cidade de Palmas-TO, por meio de polímeros e filtração em geotêxtil. Universidade Federal do Tocantins – UFT, 2016.

LOVO, I. A. Avaliação e adensamento por gravidade e do desaguamento por centrifugação do lodo gerado pelo tratamento de água. Universidade de Ribeirão Preto UNAERP, 2016.

PORTARIA GM/MS N° 888, DE 4 DE MAIO DE 2021. Disponível em <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/sau/legis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SILVA JÚNIOR, A. P. Tratabilidade do lodo de decantadores convencional e de alta taxa. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2003.

UNESP. Tipos de revisão de literatura. 2015. Disponível em <<https://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-evisao-de-literatura.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2023.

AGROTÓXICOS EM ASCENSÃO: AUMENTO NO NÚMERO DE REGISTROS IMPULSIONA O USO DE MICROBIOLÓGICOS NO BRASIL

Data de submissão: 27/03/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Roberta Barreto dos Santos

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal
Ilhéus – Bahia
<https://orcid.org/0000-0001-9688-1532>

Maira Nascimento Batistello

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal
Ilhéus – Bahia
<http://lattes.cnpq.br/6514566553420394>

Edineia da Silva Araújo

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Programa de Pós-Graduação em
Produção Vegetal
Ilhéus – Bahia
<https://lattes.cnpq.br/1994278327142308>

Juliana Stracieri

Universidade Estadual de Santa Cruz,
Departamento de Ciências Agrárias e
Ambientais, DCAA
Ilhéus – Bahia
<https://orcid.org/0000-0003-4670-8349>

à otimização da produção de alimentos. No entanto, a utilização dessa ferramenta impulsiona a discussão sobre a quantidade de agrotóxicos consumidos no país. Esse debate se respalda no número de registros concedidos anualmente. O crescente aumento não se restringe exclusivamente a liberação de agrotóxicos de base química, mas abrange igualmente todo produto comercial destinado à agricultura. Parte dos registros são concedidos para bioinsumos, produtos de base biológica, orgânica e natural. O desconhecimento dessas informações, promove uma percepção distorcida sobre o consumo de agrotóxicos no país. Assim, o artigo buscou analisar a concessão de registros com ênfase aos bioinsumos microbiológicos, a partir dos relatórios anuais do MAPA em relação a comercialização desses bioinsumos a partir dos relatórios do IBAMA. Os resultados demonstram uma ascensão dos registros de bioinsumos enquanto diminui a concessão dos registros de produtos químicos nos últimos anos. Conforme o transcorrer dos anos houve aumento na comercialização dos microbiológicos. Os resultados sugerem uma mudança nas práticas agrícolas, com a tendência cada vez mais da adoção de produtos biológico e um foco crescente

RESUMO: A agricultura corresponde como a principal atividade do setor primário no Brasil. O uso de agrotóxicos está atrelado

na adoção de bioinsumos microbiológicos. Espera-se que este artigo fortaleça a posição do Brasil diante do crescente número de registros concedidos e aponte a tendência na transformação do setor agrícola em relação ao uso de agrotóxicos de base química.

PALAVRAS-CHAVE: bioinsumos; produtos químicos; agricultura;

ABSTRACT: Agriculture is the main activity in the primary sector in Brazil. The use of pesticides is linked to the optimization of food production. However, the use of this tool drives the discussion about the amount of pesticides consumed in the country. This debate is supported by the number of registrations granted annually. The increasing trend is not limited to the release of chemical-based pesticides but also includes all commercial products intended for agriculture. Some registrations are granted for bioinputs, products of biological, organic, and natural origin. The lack of knowledge about this information promotes a distorted perception of pesticide consumption in the country. Thus, the article sought to analyze the granting of registrations with emphasis on microbiological bioinputs, based on MAPA's annual reports regarding the commercialization of these bioinputs from IBAMA's reports. The results show an increase in bioinput registrations while the granting of chemical product registrations decline in recent years. Over the years, there has been an increase in the commercialization of microbiological products. The graphs suggest a change in agricultural practices, with an increasing trend towards the adoption of biological products and a growing focus on the adoption of microbiological bioinputs. It is hoped that this article will strengthen Brazil's position in the face of the growing number of registrations granted and point out the trend in the transformation of the agricultural sector regarding the use of chemical-based pesticides.

KEYWORDS: bioinputs; chemical products; agriculture;

INTRODUÇÃO

A agricultura é uma atividade do setor primário, desenvolvida para a produção de alimentos e com representação econômica em razão da sua contribuição no desenvolvimento do país (LIMA et al., 2019). O Brasil dispõe de um sistema de produção de alimentos de modo convencional, o emprego desse sistema enfrenta desafios nos termos de manter alta produtividade em relação aos efeitos das pragas e doenças; (MATTEI; MICHELLON, 2021). O uso dos agrotóxicos surge como resposta para o controle dessas mazelas, e adota a reponsabilidade de garantir e viabilizar a produção agrícola (MORAES, 2019). Nessas circunstâncias, observa-se um aumento na demanda por insumos, sendo os produtos químicos os mais utilizados nas lavouras, conforme destacado pela Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (2021), no período entre 2000 e 2019, o uso de agrotóxicos no mundo aumentou em 36%.

A nomenclatura “agrotóxico” foi introduzida pelo professor Adilson Paschoal em 1977, derivando do grego agro (campo) e tokicon (veneno) (VAZ, 2006). De acordo com a Lei nº 7.802 de 1989, agrotóxicos e afins são definidos como “...produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas”. Assim, a legislação brasileira

enquadra produtos químicos, bioquímicos, fitoquímicos, semioquímicos e microbiológicos sob a classificação de agrotóxicos (BRASIL, 1989). Entretanto, enquadrar agrotóxicos de base química e de base biológica em uma mesma definição é inadequado, visto que os efeitos de toxicidade sob o meio ambiente e a saúde humana são completamente diferentes (AGUIAR et al., 2019).

O Brasil ocupou a posição de país que mais importa e consome agrotóxico em volume no ano de 2021, contudo ao considerar esse consumo em razão da área cultivada, o cenário é divergente (FAO, 2021). Devido a disponibilidade de extensas áreas agricultáveis, recursos hídricos e tecnologia, o país desponta na produção de alimentos (SAATH; FACHINELLO, 2018). O clima tropical no país favorece o plantio de inúmeros cultivos, com cerca de 65 milhões de hectares, predominantemente direcionados ao plantio de grãos e cereais, as principais commodities exportadas (MIRANDA, 2018).

As commodities como soja, cana-de-açúcar, milho e algodão lideram o consumo de agrotóxicos no Brasil (VASCONCELOS, 2018). No cultivo de soja, os insumos químicos são amplamente utilizados para o controle de pragas, doenças e práticas culturais; contudo, a implementação do Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem resultado numa significativa redução nas aplicações de agrotóxicos (BUENO et al., 2013; RIBEIRO et al., 2016). A classe de uso mais consumida no Brasil, são os herbicidas, representada por o maior volume de comercialização, em que o glifosato é o princípio com maior representatividade nas formulações dos herbicidas (FAO, 2023). As aplicações de herbicidas estão intimamente relacionadas à adoção do plantio direto, em que a ausência de revolvimento do solo propicia o aparecimento de plantas invasoras (CAMPOS et al., 2021).

O uso dos agrotóxicos no país, instiga o debate crítico por parte da população, que por vezes dispõe de uma visão distorcida e equivocada, em razão da falta de acesso as informações ou como são comunicadas a respeito do uso desses insumos no meio agrícola (AGUIAR et al., 2019). O debate se baseia no número de registros de agrotóxicos concedidos anualmente. Existe uma distorção em relação a quantidade de registros e a liberação de moléculas novas (MORAES, 2019). O número está associado a qualquer produto de destinação agrícola, formulado de base química, biológica, moléculas novas ou já existentes no mercado (PELAEZ et al., 2015).

Existe uma distinção entre a liberação de um agrotóxico e o registro de novas substâncias. O volume maior de registros concedidos anualmente, é quando as empresas buscam a autorização para comercializar um produto com o mesmo princípio ativo já existente no mercado, embora sob diferentes nomes comerciais (AGUIAR et al., 2019). A concessão dos registros por vezes não representa a introdução de moléculas novas, mas a autorização para comercializar aqueles produtos que estão dentro das condições imposta pela legislação, porém como nomes comerciais diferentes (MORAES, 2019). Ao se deparar com o aumento de concessão de agrotóxicos, é importante compreender que essa listagem abrange uma diversidade de produtos, não somente os produtos de base química, mas

também os de base biológica, como os bioinsumos.

Os bioinsumos são considerados “...o produto, o processo ou a tecnologia de origem vegetal, animal ou microbiana, destinado ao uso na produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agropecuários...” (BRASIL, 2020). O Brasil percorre um caminho gradual para alcançar o posto de país que mais consomem bioinsumos (VIDAL et al., 2021). Cerca de 10 milhões de hectares empregam bioinsumos na produção agrícola, grande parte destinado à cultura da soja, aplicando *Bradyrhizobium spp.* e *Azospirillum brasilense* como inoculantes no solo (BUENO et al., 2022).

A crescente demanda do consumidor por alimentos mais sustentáveis impulsiona a adaptação do mercado e a incorporação de bioinsumos na produção agrícola (ANTONELLO et al., 2020). Embora os apelos para adoção de uma agricultura sustentável, o viés econômico tem-se mostrado atrativo, visto que os produtores optam por adotar os bioinsumos como forma economicamente viável, o que antes era importado, pago em dólar, agora é comprado internamente, em reais (VIDAL et al., 2021).

Sendo assim, o artigo aborda o aumento na concessão do número de registros de agrotóxicos no Brasil, em razão da ascensão dos bioinsumos na agricultura. Evidenciando as informações coletadas sobre a tendência na modificação no cenário agrícola atual.

METODOLOGIA

A elaboração do artigo consistiu na aplicação mista da pesquisa exploratória e pesquisa descritiva. Enquanto a exploratória busca investigar inicialmente o tema, utilizando dados e padrões para traçar e identificar tendências, a pesquisa descritiva complementa a construção e compreensão mais completa e contextualizada das informações coletadas (GIL, 2002).

Realizou-se um levantamento bibliográfico das principais plataformas de estudos científicos, com a finalidade de embasamento teórico norteando a compreensão das informações passadas. Enquanto a elaboração dos gráficos consistiu no banco de dados do governo, a partir dos relatórios anuais no período de 2013 a 2023 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e de 2014 a 2022 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA). Observa-se uma diferença nos períodos de divulgação de dados entre os órgãos devido aos seus métodos distintos. Enquanto o MAPA disponibiliza os dados referentes ao mesmo ano, o IBAMA libera com um ano de defasagem. Essa discrepância ocorre devido à natureza extensa e complexa dos relatórios, o que compromete a agilidade na liberação dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento divulga anualmente o relatório

dos registros concedidos para agrotóxicos. Esses dados são liberados trimestralmente no portal do gov.br. O decreto N° 10.833, de outubro de 2021 menciona “os pleitos de registro de agrotóxicos e afins selecionados serão publicados pelo órgão registrante” (BRASIL, 2021). Esse fator contribui para a agilidade na divulgação dos relatórios, portanto consegue-se trabalhar com os dados atualizados.

Dentro dos trâmites para a regulação e concessão dos registros, todos os produtos são enquadrados na classificação geral de agrotóxicos, no qual pode causar conflito na diferenciação dos produtos químicos e biológicos (VIDAL et al., 2021). O MAPA divulga os números de registros de acordo com a origem de cada formulação, evidenciando a diferenciação ente os produtos formulados de base química e biológica (Figura 1). Essa diferenciação permite uma compreensão mais clara da real situação do Brasil, perante a liberação dos agrotóxicos (GOULET, 2021).

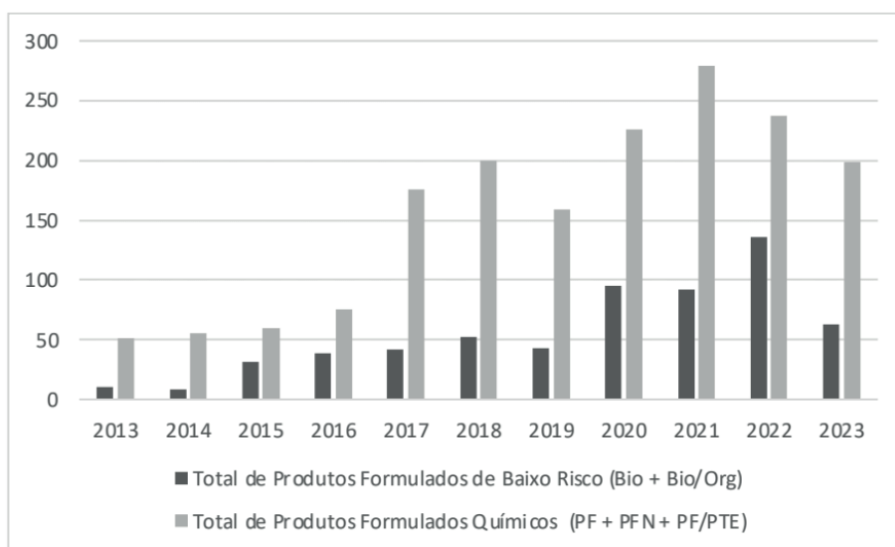


Figura 1 – Número de Registros de agrotóxicos concedidos no Brasil entre os anos 2013-2023

Fonte: MAPA (2023).

A quantidade de registros para produtos formulados quimicamente é superior ao número de registros de produtos formulados de baixo risco (Figura 1). A definição de baixo risco, para o MAPA está atrelado aos produtos biológicos. Os produtos classificados como formulados químicos, demonstrou uma tendência de ascensão entre os anos de 2013 e 2021; em 2021 o Brasil alcançou o maior número de registros de Produtos formulados Químicos já realizado (279 ao todo), já após 2021 é possível observar uma redução de 15% nesses registros no ano subsequente, e uma redução de 16% entre os anos de 2022 e 2023. Em contrapartida os produtos de base biológica (baixo risco), apresentaram uma

ascensão na concessão de registros, do ano de 2019 para 2020, houve um aumento de 120% no número de registros dessa classe; e em 2022 tivemos o maior número de concessão (139 registros).

O aumento dos registros de agrotóxicos, conforme o tempo, evidencia uma disposição na alteração do comportamento entre a concessão de produtos químicos e biológicos. Enquanto os registros de produtos químicos apresentam uma tendência na queda nos dois últimos anos, os produtos biológicos estão em ascendência. Essa alteração de padrão pode estar associada as mudanças na produção agrícola, que estão cada vez mais preocupados em manter uma agricultura mais sustentável (GOULET, 2021). O declínio dos registros para produtos de base química, sugere a crescente consciência em produção com menos impactos ao meio ambiente e a saúde humana, recorrendo quando possível, a adoção dos bioinsumos (MORAES, 2019).

Os bioinsumos, atuam de formas diferentes nos impactos ambientais e na saúde humana, apresenta efeito de baixo risco para esses âmbitos, em comparação aos agrotóxicos de base química (MAMANI DE MARCHESE; FILIPPONE, 2018). São insumos que abrange uma gama de produtos, desde biopesticidas, biofertilizantes, indutores de resistência, dentre outros (VIDAL et al., 2020). Atuando também no ecossistema da planta e solo, promovendo relações benéficas ao longo do tempo (GOULET, 2021).

O aumento na comercialização dos microbiológicos, agrotóxicos de base biológica é evidente ente os anos de 2017 e 2022 (Figura 2). Em 2022 houve um salto na produção nacional e nas vendas internas. Esse comportamento pode ser um indicativo da adoção crescente dos bioinsumos microbiológicos na agricultura (IWANICKI et al., 2022). A tendência é que o crescimento continue conforme o transcorrer dos anos, atendendo o anseio do consumidor, cada vez mais exigente com a produção de alimentos (SOUZA et al, 2022). O reflexo dessas práticas contribui na transformação do cenário agrícola brasileiro.

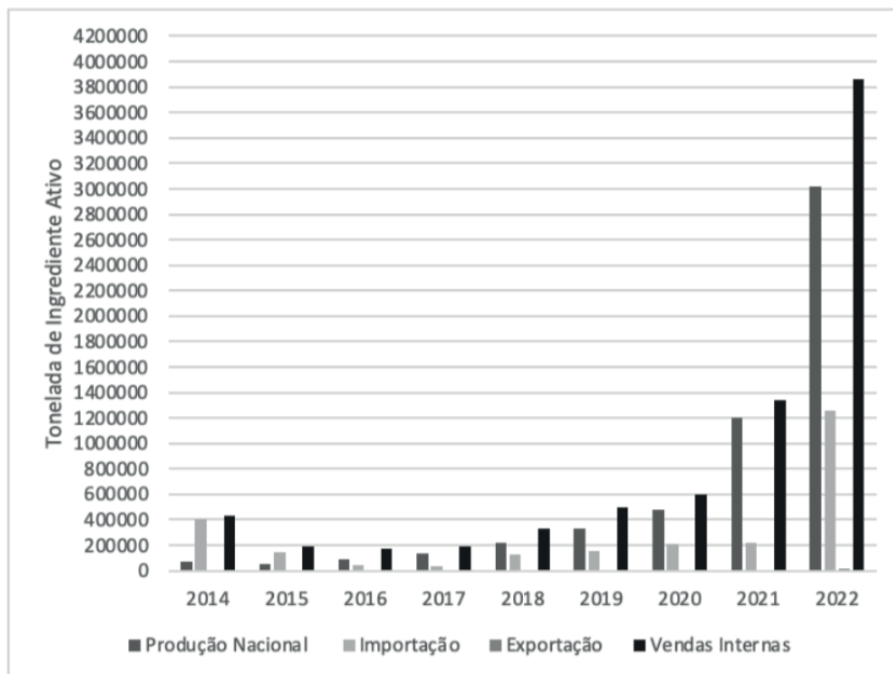


Figura 2. Comercialização de microbiológicos no Brasil entre os anos de 2014-2022

Fonte: IBAMA (2023)

As figuras apresentadas nesse trabalho indicam uma conexão entre si a respeito do comportamento do setor agrícola. Enquanto na figura 1 ilustra o declínio do número de registros de agrotóxicos de formulação química nos últimos dois anos, há a ascensão dos registros de formulação biológica; já na figura 2 evidencia que essa ascensão está relacionada com o aumento da comercialização dos bioinsumos microbiológicos, especialmente no ano de 2022. O volume das vendas internas de 2022 (3.860.730 toneladas de Ingrediente ativo) supera o período integral entre 2014 e 2021 (somatório deste período é de 3.742.988 toneladas de Ingrediente ativo).

Essa relação permite compreender que o Brasil tem se preocupado em produzir suas próprias moléculas, visto que, continua sendo o país que mais importa agrotóxicos de base química, entretanto, quando se trata dos bioinsumos, o país torna-se pioneiro na produção interna (OLIVEIRA et al., 2023). A produção nacional vem crescendo ano após ano e atingiu seu maior marco em 2022 com 3.013.606 toneladas de Ingrediente ativo.

A transição das práticas agrícolas se dá de forma gradativa, em que a preferência na utilização de bioinsumos se tornam pilares fundamentais para uma agricultura mais consciente e sustentável (GOULET, 2021; VIDAL et al., 2021).

CONCLUSÕES

Diante do exposto espera-se que a compreensão a respeito do crescente número de registros de agrotóxicos esteja atrelada ao aumento dos bioinsumos na agricultura e não apenas aos produtos formulados químicos.

Os microbiológicos ocupam lugar de destaque no mercado dos bioinsumos. Diante disso, os relatórios apresentados pelo MAPA e IBAMA são fontes primordiais para o acompanhamento dos agrotóxicos no cenário agrícola brasileiro.

A trajetória dos bioinsumos revela ser promissora, a expectativa é que esse comportamento ganhe força no setor agrícola, conforme o apelo ambiental e preocupação com alimentos mais sustentáveis continue a crescer.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, A. F. et al. Sistema de registro do agrotóxico no Brasil. **Revista Alomorfia**, v. 3, n. 1, p. 49-60, 2019.

ANTONELLO, G. et al. Gestão sustentável em sistemas de produção da agricultura familiar: O uso do MIP na produção de soja. In: IX Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR. **Resumos [...]**, Pato Branco, PR, 2020.

BUENO, A. F. et al. Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja. In: **Bioinsumos na cultura da soja**. p.473-492, 2022.

BUENO, A. F.; BORTOLOTTI, O. C.; POMARI, A. F.; SOSA-GOMEZ, D. R. Seletividade de agrotóxicos utilizados na soja aos agentes de controle biológico de pragas. In: 13º Simpósio de controle biológico. **Resumos [...]**, Bonito, Mato Grosso do Sul. 2013.

BRASIL. **Decreto Nº 10.833, de 7 de Outubro de 2021**. Altera o Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/decreto-n-10.833-de-7-de-outubro-de-2021-351524955>>. Acesso em 11 dez. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 10.375, de 26 de maio de 2020**. Institui o Programa Nacional de Bioinsumos e o Conselho Estratégico do Programa Nacional de Bioinsumos. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10375.htm>. Acesso em: 15 dez. 2023.

BRASIL. **Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802 . Acesso em: 08 dez 2023.

CAMPOS, A. L. et al. O avanço do agrotóxico no Brasil e seus impactos na saúde e no ambiente. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization. Pesticides use, pesticides trade and pesticides indicators 1990–2021. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/cc6958en/cc6958en.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2023.

GIL, A C. Como classificar as pesquisas. In: **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, p.176, 2002.

GOULET, F. As políticas de promoção dos bioinsumos no Brasil. Entre alternativas e alinhamentos. In: **A ação pública de adaptação da agricultura à mudança climática no nordeste semiárido brasileiro**. 1. ed. Rio de Janeiro, p. 282, 2021.

IBAMA. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. Brasília, Ibama, 2023.

IWANICKI, N. S. et al. **Controle de qualidade de produtos microbiológicos**. In: Bioinsumos na cultura da soja. Embrapa, p.550, 2022.

LIMA, A. F. et al. Agriculturas e agricultura familiar no Brasil: uma revisão de literatura. **Retratos de Assentamentos**, v. 22, n. 1, p. 50-68, 2019.

MAMANI DE MARCHESE, A.; FILIPPONE, M. P. Bioinsumos: componentes claves de una agricultura sostenible. **Revista agronómica del noroeste argentino**, v. 38, n. 1, p. 9-21, 2018.

MATTEI, T. F; MICHELLON, E. Panorama da agricultura orgânica e dos agrotóxicos no Brasil: uma análise a partir dos censos 2006 e 2017. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 59, p.23 , 2021.

MIRANDA, E. E. Áreas cultivadas no Brasil e no mundo. **Agroanalysis**, v. 38, n. 2, p. 25-27, 2018.

OLIVEIRA, V. C. et al. Bioinsumos e produção orgânica no Brasil: um estudo a partir do aplicativo Bioinsumos da Embrapa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p.8, 2023.

MORAES, R. F. **Agrotóxicos no Brasil: padrões de uso, política da regulação e prevenção da captura regulatória**, p.76, IPEA, 2019.

PELAEZ, V. M; . A (des) coordenação de políticas para a indústria de agrotóxicos no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 14, p. 153-178, 2015.

RIBEIRO, F. C. et al. Manejo com inseticidas visando o controle de percevejo marrom na soja intacta. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 3, n. 2, p. 48-53, 2016.

SAATH, K. C. O; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195–212, 2018.

SOUZA, F. P.; CASTILHO, T. P. R; MACEDO, L. O. B. Um marco institucional para os bioinsumos na agricultura brasileira baseado na economia ecológica. **Sustainability in Debate**, v. 13, n. 1, p. 266-285, 2022.

VASCONCELOS, Y. Agrotóxicos na berlinda. **Pesquisa FAPESP**. n. 271, p.10. 2018.

VAZ, P. A. B. **O direito ambiental e os agrotóxicos: responsabilidade civil, penal e administrativa**. Livraria do Advogado Editora, p. 240, 2006.

VIDAL, M. C.; SALDANHA, R; VERISSIMO, M. A. A. Bioinsumos: o programa nacional e a sua relação com a produção sustentável. In: **Sanidade vegetal: uma estratégia global para eliminar a fome, reduzir a pobreza, proteger o meio ambiente e estimular o desenvolvimento econômico sustentável**. 1. ed. Florianópolis: CIDASC, p. 382-409, 2020.

VIDAL, M. C; AMARAL, D. F. S; NOGUEIRA, J. D; MAZZARO, M. A. T. Bioinsumos: a construção de um Programa Nacional pela Sustentabilidade do Agro Brasileiro. **Economic Analysis of Law Review**, v. 12, n. 3, p. 557-574, 2021.

TRATAMENTO DE PERCOLADO DE ATERROS SANITÁRIOS: UMA REVISÃO NA LITERATURA

Data de aceite: 02/05/2024

Camila Maria Alves da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/5176777947501187>
<https://orcid.org/0000-0002-6125-1108>

Mauro César de Brito Sousa

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/2049460389729603>
<https://orcid.org/0000-0002-0650-6577>

Ana Carolina Chaves Fortes

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/1783467365037240>
<https://orcid.org/0000-0003-3044-0229>

Bruna de Freitas Iwata

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí
Teresina - Piauí
<http://lattes.cnpq.br/3036032785449787>
<https://orcid.org/0000-0002-6465-9731>

RESUMO: Os aterros sanitários possibilitam a disposição de resíduos no solo, o que resulta na geração de líquido percolado. Diante disso, o trabalho analisou, na literatura, os tipos de tratamentos aplicados ao percolado. Utilizando o método de revisão sistemática integrativa da literatura, e concentrando-se em publicações dos últimos 5 anos, os 11 artigos analisados demonstram que os tratamentos aplicados obtiveram resultados satisfatórios. Observou-se que a utilização de técnicas complementares foi incorporada aos estudos, visando aumentar a eficácia na remoção de substâncias tóxicas. Por fim, este estudo revela que os tratamentos biológicos apresentam certa eficácia na remoção da toxicidade, porém necessitam de tratamentos mais sofisticados para atingir os parâmetros de remoção exigidos por lei.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro Sanitário; Tratamentos Aplicados; Líquido Percolado

PERCOLATE TREATMENT FROM LANDFILLS: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Sanitary landfills enable the disposal of waste into the soil, resulting in the generation of leachate. In light of this,

the study analyzed, in the literature, the types of treatments applied to the leachate. Using the method of systematic integrative literature review, and focusing on publications from the last 5 years, the analysis of 11 articles demonstrated that the treatments applied achieved satisfactory results. It was observed that the use of complementary techniques was incorporated into the studies, aiming to increase the efficacy in the removal of toxic substances. Lastly, this study reveals that biological treatments exhibit a certain effectiveness in removing toxicity, however, they require more sophisticated treatments to meet the removal parameters mandated by law.

KEYWORDS: Landfill; Applied Treatments; percolated liquid

INTRODUÇÃO

Os aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos consistem, segundo o disposto na NBR 8419/1992 da ABNT (ABNT, 1992), em uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, que não cause prejuízos à saúde pública e com redução dos impactos ambientais. Técnicas estas, consideradas mais eficientes e seguras na destinação de resíduos sólidos, permitindo controle do processo de estabilização dos resíduos e, apresentam melhor relação ao custo-benefício. Os aterros sanitários possuem drenagem de chorume e dos gases, onde o solo é impermeabilizado para que o solo e lençóis freáticos não sejam contaminados (mma, 2023).

De acordo com PGIRS (2013), quanto maior o tempo que a matéria orgânica ficar aterrada, maior a complexidade química do chorume. Segundo COUTINHO (2020), esse líquido é conhecido como chorume, lixiviado e percolado. Ele é desencadeado através de processos naturais que ocorrem na decomposição agregadamente com as águas pluviais, apresentando cor escura, odor e alta Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), que pode desencadear danos ao meio ambiente quando não tratado de forma adequada. O lixiviado é um líquido de alto teor de poluição que é resultante da degradação física, biológica e química de matéria orgânica que se faz presente nos resíduos sólidos.

No Brasil, o tipo de tratamento mais utilizado nos aterros sanitários é o biológico, que é quando ocorre a deposição controlada de resíduos sólidos no solo e sua posterior cobertura diária. Uma vez depositados, os resíduos sólidos degradam naturalmente por via biológica até a mineração da matéria biodegradável, em condição fundamentalmente anaeróbia, gerando o líquido percolado, que devido sua toxicidade se faz necessário captar e tratá-lo (FRANÇA E RUARO 2009).

Segundo Dias (2012), alguns autores já evidenciaram que o tratamento biológico aplicado ao líquido percolado tem limitações devido à toxicidade deste, sendo necessário haver a conjugação aos processos físico-químicos para complementar o tratamento do efluente e reduzir seus impactos. Tais processos físico-químicos podem ser: adsorção, air stripping, filtração por membrana, coagulação/floculação, troca iônica, métodos de oxidação química e eletroquímica, e precipitação química (Dias, 2012).

Tendo em vista, o estudo se torna relevante não somente para a minimização dos impactos ambientais que o percolado causa ao solo, fauna e flora, mas também à saúde humana, geração exacerbada de resíduos e a busca por técnicas eficazes e de baixo custo. Assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar na literatura os tipos de tratamentos aplicados ao líquido percolado em aterros sanitários, com intuito de compor um quadro informativo que permita visualizar e apontar as técnicas mais eficazes na redução de toxicidade do líquido percolado.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se do tipo descritiva, exploratória e bibliográfica. Quanto ao método, trata-se de uma revisão sistemática integrativa da literatura. Este método possui o intuito de organizar e sintetizar de forma sistemática as informações sobre certa temática que já possui estudos produzidos, assim sendo possível se ter uma compreensão sobre o problema estudado (Marini et. al, 2017). Para que fosse possível verificar as informações necessárias para o preenchimento das lacunas do trabalho, criamos etapas como mostra na Figura 1, a fim de que respondessem à pergunta norteadora.

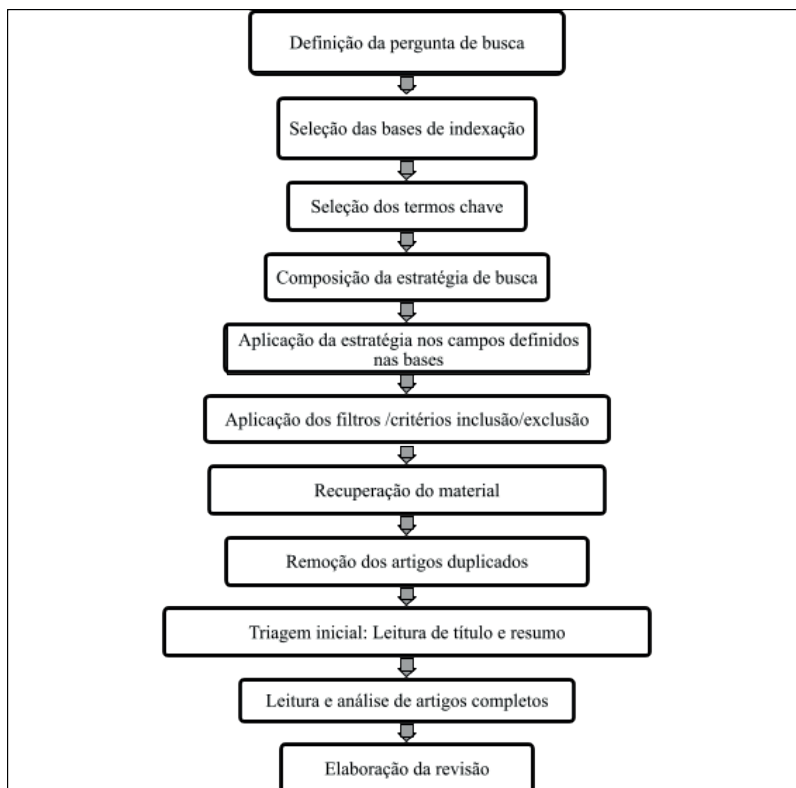


Figura 1 - Etapas da revisão sistemática
Autora, 2020.

A base de indexação selecionada foi através do Portal Periódico da CAPES, o periódico escolhido foi a Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, baseado na Biblioteca Eletrônica Scielo. Para a recuperação de trabalhos que atendam ao objetivo da pesquisa utilizou-se um período temporal de 5 anos, de 2015 a 2020 e as palavras chaves: treatment e leachate juntamente com o uso do operador booleano AND. Os referidos termos foram aplicados em todos os índices, sendo recuperados 11 artigos para análise de conteúdo.

Em seguida realizada a leitura dos artigos recuperados, a análise do material envolveu tanto os elementos quantitativos com uso de estatística descritiva básica e à luz da bibliometria, como aspectos qualitativos. Para avaliar a qualidade do material recuperado, foram definidas categorias de análise que foram devidamente alimentadas em planilha do Excel, e depois foram discutidas. Apontando como categorias de análise e informações a fim de serem sistematizadas o: título, tipo de produção, autor(es), ano de publicação, palavras-chaves: objetivo do estudo, tipo de tratamento, eficácia do tratamento, condução do estudo, parâmetros analisados, vantagens, desvantagens, resultados e observações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A recuperação do material resultou em 13 estudos, dos quais dois não obtiveram resultados satisfatórios. As análises realizadas que levaram a exclusão desses artigos foram as do objetivo e métodos utilizados.

No trabalho de Fonseca (2019) que teve como objetivo implementar e utilizar o método da solução semianalítica da camada contaminante equivalente (CCE) que possui o intuito de utilizar os parâmetros de coeficientes de difusão realizada através de ensaios experimentais no solo. Onde os autores utilizaram os dados obtidos por Ritter (1998) que utilizou solo hipotético em seu estudo, para que fosse possível identificar o comportamento dos contaminantes no solo estudado, assim sendo possível encontrar uma forma de mitigar e ou remediar os impactos. Por fim, não se enquadrando em nossa linha de pesquisa, pois o mesmo não aponta tipos de tratamentos para o lixiviado de aterro sanitário e sim de contemplar a eficácia do método semianalítico CCE aplicada ao solo.

O segundo trabalho foi dos autores Carrilho e Carvalho (2016) foi excluído, pois objetivava avaliar os efeitos dos lodos de fossa e tanque séptico (LFTS) com o intuito de apontar as interferências que possam ser causados em lagoas de estabilização para tratamentos de lixiviados de aterros sanitários e conseqüentemente na qualidade do efluente gerado pelo sistema. Mostrando que o respectivo trabalho não se enquadra nesta pesquisa por não trazer nenhuma análise de tratamentos que possam ser aplicados ao percolado de aterro sanitário.

Sendo assim, somente 11 artigos atenderam à pergunta da pesquisa, para que seja possível alcançar o objetivo do trabalho. Após serem analisados verificou-se que dos

trabalhos recuperados, foram utilizados mais lagoas e processos complementares como: coagulação/floculação e complementos como adsorção e sedimentação, Fenton e lodos. A Figura 2 mostra a distribuição do levantamento realizado.

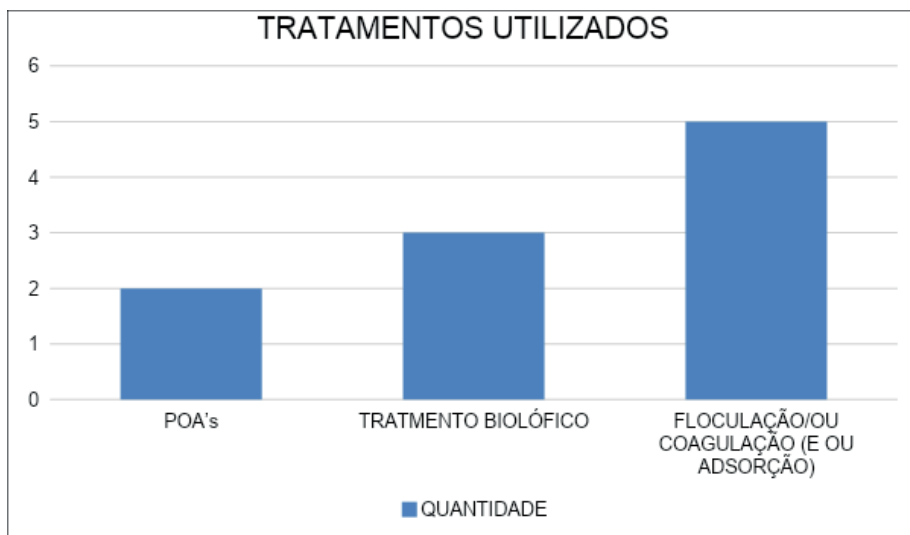


Figura 2 - Gráfico demonstrativo dos tipos de tratamentos ao percolado utilizados nos Aterros Sanitários, dos artigos analisados.

Autora, 2021.

A Figura 2 mostra os processos de tratamentos mais utilizados nos trabalhos analisados, assim verificou-se que o tratamento por lagoas obteve mais utilização, possuindo técnicas complementares. De acordo com Fujii et al (2019), os tratamentos biológicos necessitam de processos complementares de pós-tratamento físico-químico de lixiviado de aterro sanitário e têm sido estudadas algumas delas sendo: coagulação-floculação-sedimentação, processos oxidativos avançados e adsorventes, precipitação química, filtração em membrana, entre outros para que haja a remoção da matéria orgânica recalcitrante. As vantagens e desvantagens de cada trabalho estão demonstradas no Quadro 2 em que é possível ressaltar a relação dos custos e benefícios avaliados para o sistema ou processo que será utilizado.

Processos utilizados	Vantagens	Desvantagens
Sistema de tratamento simulado utilizando o Activated Sludge Model -ASM1 foi o de uma lagoa aerada.	Viável para atividades em potencial, como sistemas reais e suporte operacional de estação de tratamento de esgoto (ETE) recebendo lixiviado, sendo necessária modificação na estrutura do modelo para abranger os processos adicionais.	Deficiências analíticas no monitoramento da estação de tratamento de esgoto (ETE) sob essas condições e consequentes os riscos da aplicação do ASM1 como cotratamento para o corpo receptor.
Tratamento combinado de lixiviado e lodos de fossas que utilizam geobag, que é um retentor de sólidos em suspensão totais e, para aprimorar o seu desempenho, aplicando floculante à mistura de lodo de fossa e lixiviado.	Decréscimo nos valores dos parâmetros sólidos em suspensão, COD, N-amoniaco de maior interesse. Gerando um efluente final muito mais apto a utilização de outras técnicas complementares.	O tratamento pode ser Prejudicado devido os Parâmetros físico-químicos e a toxicidade do lixiviado de aterro e do lodo de fossa apresentaram grande variação e com isso dificultaram a análise do seu desempenho. Sendo preciso utilizar técnicas mais sofisticada como permeação por membranas ou processos oxidativos, para finalizar o processo.
Processo de adsorção de carvão ativado (AC). Combinação dos processos de coagulação/floculação e adsorção.	Mostra que a concentração de amônia sofre redução acentuada desde o início ao minuto 60 do experimento, baixo custo e por serem provenientes de fontes renováveis e permitir seu reaproveitamento.	Caso sejam utilizadas maiores cargas do adsorvente pode ocorrer a diminuição da área e aumento do percurso de difusão devido ao aumento da agregação de partículas.
	Custo, simplicidade no processo, melhores resultados na diminuição dos poluentes potenciais e utilização de resíduos descartados (conchas de ostra) como adsorventes.	Necessidade de um tratamento para as conchas de ostra por não apresentarem uma boa redução de cor.
Tratamento biológico com aplicação da técnica de stripping de amônia aplicado ao lixiviado, onde é realizada sequência de bateladas em reatores e logo após direcionado ao pós-tratamento por coagulação.	Técnica viável para pós-tratamento de lixiviados estabilizados, para aterros de médio e grande porte.	O experimento não destaca outros poluentes como cloretos, metais pesados e especiações da matéria orgânica recalcitrante. Dificuldade do tratamento aplicado, onde apresenta uma máxima de 20% de diluição desse lixiviado pré-tratado em uma estação de tratamento de esgoto.
Composição do material granular mais adequada para o filtro ascendente aplicado ao pós-tratamento	Fácil controle e possibilitando sua adequação aos níveis desejados.	Necessidade de continuação de estudo que aborde sobre poluentes remanescentes, tais como cloretos, metais pesados e especiações da matéria orgânica recalcitrante.
Processo foto-Fenton solar ($H_2O_2/Fe^{2+}/UV$) onde é realizado a fotocatalise solar devido sua alta eficiência na geração de radicais hidroxila por meio da decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) tendo bons resultados na remoção da DQO de lixiviados de aterro sanitário, remoção da DQO de lixiviados de aterro sanitário.	Processo de curta duração, com duração aproximada de 3 horas de fotocatalise com remoções superiores a 70%.	A grande dificuldade na otimização do processo foto-fenton é a variabilidade do lixiviado, com isso, recomendou-se que seja realizado um novo planejamento o de fosse adotado razões maiores do que o nível máximo estudado nesta pesquisa.

Para representar as áreas alagadas, utilizou-se um reservatório com a utilização de macrófitas como relativa, <i>P. stratiotes</i> , <i>E. polystachya</i> e <i>E. crassipes</i> . A fim de se mostrar suas eficácias no processo de redução dos parâmetros do lixiviado.	Obtenção de informações sobre o uso de áreas alagadas para o pós-tratamento de lixiviado, além de indicarem o papel das macrófitas nesse processo.	<i>Angusti P. stratiotes</i> não sobreviveram na presença do lixiviado proveniente do tratamento convencional sem diluição, o mesmo que foi aplicado no sistema. A baixa eficiência de <i>E. crassipes</i> no sistema pode estar relacionada à alta concentração de Fontes de Nitrogênio Mineral (N-NH4+) e ao fato dessa Macrófita apresentar sinais de injúria, como clorose (machucado na planta com perda da coloração, que podem causar sua morte), comprovada pelo baixo teor de clorofila total encontrado.
Tratamento de lixiviados constituído por 2 lagoas anaeróbia (LAs) operadas em série; sendo bombeado para o sistema de lodo ativado (SLOA) composto por 2 reatores de fluxo contínuo e aeração prolongada e um decantador secundário, cujo efluente segue para uma lagoa facultativa (LF).	Alcançou bons resultados para remoção de frações de matéria orgânica e compostos nitrogenados.	O efluente obtido não cumpriu as exigências da legislação brasileira e, portanto, o tratamento biológico foi considerado insuficiente.
O aterro sanitário estudado possui uma estação de tratamento do lixiviado, denominada ETLix, composto por lagoa anaeróbia e lagoas facultativas. Foram utilizados dois tipos de lixiviado: bruto, proveniente da entrada da ETLix; e tratado por lagoas, procedente da saída da ETLix. Assim, pode-se testar a eficiência do sistema de tratamento (O_3 e $O_3 + H_2O_2$) como pré e pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário.	O Processos Oxidativos Avançados (POA) com adição de ozônio / ozônio + peróxido de hidrogênio ($O_3/O_3 + H_2O_2$) foi mais eficiente no tratamento de lixiviados que tiveram as menores concentrações iniciais dos parâmetros, independentemente de ser bruto ou tratado.	Houve um grande aumento na temperatura do lixiviado, em média 15°C. Isso pode ter ocorrido por reações exotérmicas, que liberam calor e podem elevar sua temperatura, isso ocorreu devido ao uso de H_2O_2 com O_3 . Onde se não torna indicado adição do O_3 nesse processo.
Método 2120. C possui a capacidade de obter os valores de cor da mistura e do efluente tratado. Onde essas amostras têm o pH ajustado para $\approx 7,6$ realizando em seguida à filtração a vácuo para a remoção de turbidez. Tendo a análise realizada através do espectrofotômetro HachDR3900.	Alta remoção de matéria orgânica e baixo custo de operação.	O lodo é sedimentado muito lentamente, demorando por volta de 20 horas para estabilizar, o que pode tornar o processo inviável quando aplicado em escala real.

O_3 - Ozônio

H_2O_2 - Peróxido de Hidrogênio

Quadro 2 - Processos utilizados nos trabalhos recuperados e suas Vantagens e Desvantagens.

Autora, 2021

A eficácia de cada tratamento se dá pela porcentagem de remoção dos parâmetros analisados em seus trabalhos. Neste sentido, para melhor discussão sobre a eficácia, os tipos de tratamentos foram agrupados aos que obtiveram o mesmo processo, como está descrito no Quadro 3 abaixo dos grupos.

Grupos por Técnicas utilizadas	Autores de cada trabalho que utilizaram as técnicas citadas ao lado.
Grupo 1 - Lodos (ativados e fossas sépticas)	Maia et. al (2015); Souza et. al (2019); Welber et. al (2018); Salles e Souza (2020).
Grupo 2 - Resíduos (ostras e café)	Chavez et. al (2019) e Sobrinho et. al (2019).
Grupo 3 – Pós-tratamento	Fujii et. al (2019) e Amorim et. al (2018).
Grupo 4 – POA's	Bou et. a (2018); Gomes e Schoenell (2018) e Lucena et. al (2018).

Quadro 3 - Demonstrativos separados por grupos de acordo com as técnicas aplicadas nos trabalhos recuperados e autores que as utilizaram.

Autora, 2021.

O trabalho de campo com lodos sendo eles de fossas sépticas ou ativados de Maia et. al (2015), teve como objetivo avaliar a eficiência do sistema biológico por meio do monitoramento de variáveis físico-químicas e ensaios de toxicidade, para isso foi realizado em frequência quinzenal nos meses de março de 2012 a julho de 2013. Para este estudo as remoções dos parâmetros foram de 80% para carbono orgânico dissolvido (COD), 68% de demanda química de oxigênio (DQO) e 85% para demanda bioquímica de oxigênio (DBO) tendo valores residuais médios de 259, 1.086 e 246 mg.L⁻¹, respectivamente. Já nitrogênio amoniacal obteve remoção de 83% e nitrogênio total Kjeldahl de 82%, com valores médios de concentração final de 240 mg.L⁻¹ (N-NH₄ +) e 300 mg.L⁻¹ (NTK), e a remoção para fósforo total de 80%, com dados médios na saída do sistema de 7 mg.L⁻¹.

Com objetivo quantificar o desempenho do processo de geobag que é um retentor de sólidos em suspensão totais, utilizando a combinação de lixiviado de aterro sanitário com lodos de fossa séptica. No trabalho de Souza et. al (2019), foram realizados um estudo de bancada e um estudo de campo. O estudo de bancada alimentou o geobag (na forma de saco com dimensões horizontal de 42 x 54 cm) manualmente com mistura de lodo de fossa e lixiviado, onde o mesmo foi submetido previamente à floculação em recipiente apropriado, utilizando um biofiltro que operou por recirculação por 24h em modo batelada. O estudo teve duração de 6 meses, de segunda-feira a sábado.

O de campo durou 16 meses e utilizou 11 amostras colhidas na saída da lagoa de lixiviado e de mistura, no geobag, nas lagoas de estabilização e wetland e foram acondicionadas em um refrigerador em temperatura inferior 4°C, até serem transportadas para o laboratório de análise. A partir dos resultados das análises, obteve-se a taxa de remoção de 53% para Carbono Orgânico Dissolvido (COD) no estudo de campo e 18% no estudo realizado em escala de bancada. Na unidade de campo os tratamentos realizados, somente a lagoa de estabilização e wetland não contribuíram para o aumento da remoção, já na unidade de laboratório realizado com a utilização do biofiltro obteve 18,6% de remoção. A remoção para N-amoniacal obteve remoção de 67% tanto para o geobag quanto para o biofiltro em laboratório. O tratamento utilizado resulta em redução da toxicidade do lixiviado, porém para uma melhor qualidade final necessita de outros procedimentos mais sofisticados: processos oxidativos ou permeação por membranas.

Os autores Salles e Souza (2020) avaliaram aplicação do modelo Activated Sludge Model (ASM1), utilizando seis cenários diferentes de simulação de sistema de lagoas aeradas, com um tempo de detenção hidráulico igual a três dias (180 dias). Para que assim fosse possível englobar todos os cenários nos períodos dinâmicos, quanto estado estacionário de cada um. Somente um cenário recebeu somente esgoto sanitário (cenário 1), nos cinco cenários restantes, incluiu-se lixiviado ao esgoto sanitário nas seguintes proporções: 2% (cenário 2), 4% (cenário 3), 6% (cenário 4), 8% (cenário 5) e 10% (cenário 6). A remoção foi de 86,7% da DQO no tratamento biológico para esgoto sanitário e, com adição de 10% de lixiviado, a remoção foi de 46,5%. Ou seja, quanto maior a sua adição, maior a sua influência negativa no tratamento. Assim, conclui-se que o processo estudado foi positivo no sistema de adaptação das comunidades microbianas, tornando possível a utilização de lixiviado nas ETE desde que haja o monitoramento ao receber o efluente.

Avaliando uma combinação de tratamentos, incluindo processos físico-químicos como Coagulação/floculação-C/F utilizado como o processo primário a fim de analisar a remoção da matéria orgânica recalcitrante, como substâncias húmicas, devido ao teor elevado da cor. O Welber et. al (2018) utilizou air stripping para verificar a eficiência do ensaio de arraste na remoção de nitrogênio amoniacal, já o processo de ozonização utilizou-se o processador Multivácuo, modelo MV06 onde recorreu ao ozônio derivado de oxigênio, aplicando esse ozônio antes do processo biológico, com o intuito de reduzir a Demanda Química de Oxigênio-DQO. O teste de Toxicidade serviu para indicar a redução da toxicidade atingida através dos processos de tratamentos utilizados, os lodos ativados foram empregados para avaliar se com a utilização do esgoto sanitário e seria possível obter um lixiviado com os níveis adequados de DQO e nitrogênio amoniacal para o seu descarte. O estudo relata eficácia nas remoções onde o processo Coagulação/floculação-C/F reduziu 60% da Demanda Química de Oxigênio-DQO, já em air stripping apresentou níveis almejados, a ozonização aumentou na biodegradabilidade e reduziu a toxicidade tornando não tóxicos. Os processos biológicos removeram 90,6% de Demanda Química de Oxigênio-DQO, o lodo ativado mostrou eficiência com 81,5% de remoção.

Conclui-se que se fazem necessários outros estudos que analisem o impacto que o lixiviado causa no pré-tratamento. Os processos realizados pelo o Grupo 1 conseguiram remover significativamente os valores dos parâmetros que analisaram, porém necessitam de estudos complementares como o uso de técnicas de processos oxidativos ou permeação por membrana sugeridos por Maia et. al (2015). Permeação por membrana é um processo capaz de reter simultaneamente produtos ou espécies que passam através da membrana semipermeável (Pertile, 2013).

Os trabalhos realizados com a utilização de resíduos; o de Chávez et. al (2019), avaliou o potencial de carvão ativado (CA) obtido de resíduos de café usando diferentes reagentes de ativação, cargas adsorventes, e tempos de tratamento de adsorção para depurar o lixiviado tratado (LL), a fim de reduzir concentração de ferro, cobre, amônia,

Demanda Química de Oxigênio-DQO e cloreto neste tipo de água. Para iniciar a ativação do Carvão Ativado-CA acrescentou-se diferentes reagentes como: HC1; HC1+ H2O2; H3PO4: H3PO+H2O+2. Para o experimento realizado as melhores remoções dos parâmetros estudados foram os que o Carvão Ativado-AC, utilizou ácido fosfórico-H3PO4 removendo 51,3% para Demanda química de oxigênio-COD, 46,9% para amônia, 66,2% para cloro, bromo de 81% e remoção de 97,5% para Conferência das partes da convenção - cop- total.

Já para Sobrinho et. al (2019) que avaliou o uso do pó de ostra como adsorvente, onde o ensaio de adsorção foi realizado em bateladas por meio de dois planejamentos ambientais, logo após realizou-se estudos cinéticos e de equilíbrio (tempo de 40m) e uma avaliação de cada etapa. A combinação dos processos de coagulação/floculação e adsorção foi eficiente com remoções de 95% para Demanda Bioquímica de oxigênio- DBO, 40% para Demanda química de oxigênio- DQO e 70% da cor do lixiviado.

No Grupo 2, os processos abordados foram eficazes, mostrando que utilizar resíduos no processo de adsorção reduz os parâmetros do lixiviado tornando-o menos agressivo, ao contrário do que se viu no Grupo 1, onde somente uma técnica Activated Sludge Model-ASM1 que utiliza lodo ativado, foi eficaz e atendeu a legislação, como já apontado por Araújo et. al (2016) e Dias (2017). Aos que utilizaram o pós-tratamento em campo e análise em laboratório para testar a eficiência objetivada e concluir qual dos dois terá o procedimento com êxito.

Assim Fujii et. al (2019) tiveram como objetivo estabelecer a composição adequada da matéria granular para o filtro ascendente aplicado ao pós- tratamento, utilizando reatores volumetricamente com capacidade de 1m² conjugado a técnica de stripping de amônia através de bateladas, conseguindo remover aproximadamente 50% da N-amoniaca, em seguida realizou o tratamento biológico por lodos ativados de fase aeróbia em reator com capacidade de 2m³, logo após utilizou o pós-tratamento um sistema com alimentação de lixiviado que teve o foco de recalcar o efluente tratado e transferido para a câmara de mistura rápida (CMR) para ser transferido ao sistema de filtração ascendente por pedregulho e sistema de descarga e lavagem do filtro. Os melhores resultados de remoção se deram no ensaio IV sendo acrescentado na mistura rápida (CMR) mais 30 cm de área fina (tipo 4 com espessura total de 210) na última camada, assim impedindo o transporte do líquido, onde teve 22,6 horas sem transpasse. Obtendo remoção de 82,4% de Demanda química de oxigênio-DQO, 98,8% para cor verdadeira e 94,3% para Carbono orgânico total-COT.

Amorim et. al (2018) propuseram um sistema piloto que foi constituído por duas caixas d'água a primeira com 5000L onde foram plantadas cinco estacas de *E. polystachya* e a segunda de 3000L colocado 95 exemplares de *E. crassipes* ambas receberam 450 L de lixiviado. Com o intuito de avaliar a eficiência desse sistema piloto para analisar o papel das macrófitas nesse processo, utilizando áreas alagadas, para o pós-tratamento do lixiviado gerado no Aterro Sanitário de Curitiba. O sistema operou em bateladas durante 7 dias, onde o efluente foi coletado para verificação da eficiência do processo de tratamento.

As remoções apresentadas foram de 72% para DBO, 30% DQO, 76% para fósforo total e inorgânico, 33% para nitrato e nitrito, 58% para nitrato amoniacal, 44% para nitrogênio orgânico e 13% para zinco.

Neste grupo observa-se a utilização de técnica de pós-tratamento onde, Fujii et. al (2019) orienta a continuação de estudos para que seja verificada a eficácia do processo para a redução da toxicidade e os parâmetros analisados nos estudos sejam satisfatórios. Ao contrário do Grupo 3, o Grupo 2 obteve os melhores resultados obtidos utilizam processos com insumos complementares no processo de adsorção realizados pelo e no Grupo 1 se deu pelo Activated Sludge Model (ASM1), onde se tem essa simulação como complementar dos processos que foram utilizados. Já para Amorim et. al (2018) os parâmetros analisados também atenderam a legislação e indicam estudos sobre a mesma técnica utilizada, para analisar por um tempo mais longo no crescimento e desenvolvimentos das macrófitas.

Bou et. al (2018) propôs em seu trabalho obter o ajuste que representa a remoção de cor, através de análises realizadas pelo o método 2120 – C dividindo em 2 grupos cada uma com 8 reatores, totalizando 16 com diferentes tipos de CAP (carvão ativado em pó) com lixiviado de aterro sanitário, que receberam por duas semanas a mistura de esgoto doméstico sintético. Foi separado o reator R1, com base de controle contendo somente carvão ativado em pó-CAP e lixiviado. Os melhores resultados se deram dos reatores que receberam lixiviado com adição de CAP com remoções de quase 80% onde o reator recebeu 5% de lixiviado e 4 g.L de CAP. O pior resultado recebeu a proporção de 10% e sem CAP onde não atingiu 20% de eficiência. Concluindo que para bons resultados é necessária a adição de CAP. Já o processo utilizado por Gomes e Schoenell (2018) objetivou avaliar o uso de Ozônio-O3 e de Peróxido de Hidrogênio-H2O2 como Processo Oxidativo Avançado-POA, visando à remoção de compostos recalcitrantes em lixiviados de aterro sanitário. Para isso realizaram ensaios onde foram tratados 460L de lixiviado, que duraram 4 dias, ou seja, 96 horas de segunda-feira a sexta-feira. A concentração de Ozônio-O3 utilizada foi de 29 mg.O3L-1, já para o ensaio de Peróxido de Hidrogênio-H2O2 usou-se 100 mg.L. A remoção para a cor aparente foi acima de 90% com ou sem utilização de Peróxido de Hidrogênio-H2O2, já a remoção para Demanda Química de Oxigênio-DQO de até 80% e para Carbono Orgânico Total-COT de 66%. De acordo com o trabalho realizado, a utilização de Peróxido de Hidrogênio-H2O2, não influenciou significativamente para a remoção dos valores.

O trabalho de Lucena et. al (2018) objetivou otimizar o processo foto-Fenton solar (utilizado: Peróxido de Hidrogênio-H2O2/ Ferro-Fe2+/ Radiação ultravioleta- UV) aplicado ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários, com vistas a maximizar a remoção de matéria orgânica. Para os valores da remoção de Demanda Química de Oxigênio-DQO que foi calculada pela a diferença percentual entre os valores da triplicata entre as amostras brutas e tratadas, a interferência do H2O2 sofreu redução através de aquecimento em banho-maria por 30 min. Obtendo remoção superior a 70% da carga orgânica do lixiviado,

o modelo apresentou apenas um desvio de 3,11%, entre a resposta do experimento e o ensaio de validação após o processo de fotocatalise com duração de 3 horas ocorreu remoções superiores a 70% da carga orgânica do lixiviado, demonstrando que a otimização do processo foto-Fenton solar é válida.

Assim se confirmando que os processos de POA 's possuem uma grande eficácia de remoção através das técnicas utilizadas por esse grupo de processo como aponta Araújo et. al (2016). Para que seja possível analisar os resultados de remoções dos tratamentos aplicados temos o Quadro 4. Com uma breve análise dos resultados obtidos em cada trabalho citado anteriormente.

Tratamento Aplicado	Parâmetros Removidos e Percentual de Remoção	Autor(es)
Sistema biológico por meio do monitoramento de variáveis físico-químicas e ensaios de toxicidade	Carbono orgânico dissolvido (COD) remoção de 80%. Demanda química de oxigênio (DQO) remoção de 68%. Demanda bioquímica de oxigênio (DBO) remoção de 85%. Nitrogênio amoniacal obteve remoção de 83%%. Nitrogênio total Kjeldahl de 82%.	Maia et. al (2015)
Activated Sludge Model (ASM1)	Remoção de 86,7% da DQO no tratamento biológico para esgoto sanitário e, com adição de 10% de lixiviado a remoção foi de 46,5%.	Salles e Souza (2020)
Processos físico-químicos como Coagulação/floculação-C/F, <i>air stripping</i> , ozonização e lodo ativado.	Demanda Química de Oxigênio-DQO remoção de 60% Demanda Química de Oxigênio-DQO remoção de 90,6%, já o lodo ativado mostrou eficiência com 81,5% de remoção.	Welber et. al (2018)
Tratamento de adsorção por carvão ativado (CA) obtido de resíduos de café	Removendo 51,3% para Demanda química de oxigênio-COD, 46,9% para amônia, 66,2% para cloro, bromo de 81% e remoção de 97,5% para conferência das partes da convenção - cop- total.	Chávez et. al (2019)
Adsorção com a utilização de pó de ostra como adsorvente	Remoção de 95% para Demanda Bioquímica de oxigênio- DBO, remoção de 40% para Demanda química de oxigênio- DQO e remoção de 70% da cor do lixiviado.	Sobrinho et. Al (2019)
Matéria granular para o filtro ascendente aplicado ao pós-tratamento	Remoção de 50% do N-amoniacoal, remoção de 82,4% de Demanda química de oxigênio-DQO, remoção de 98,8% para cor verdadeira e remoção de 94,3% para Carbono orgânico total-COT.	Fujii et. al (2019)
Avaliar a eficiência das macrófitas nesse processo em áreas alagadas, para o pós-tratamento do lixiviado.	Remoção de 72% para DBO, remoção de 30% DQO, remoção de 76% para fósforo total e inorgânico, remoção de 33% para nitrato e nitrito, remoção de 58% para nitrato amoniacoal, remoção de 44% para nitrogênio orgânico e remoção de 13% para zinco.	Amorim et. al (2018)
Remoção de cor através de análises realizadas pelo o método 2120	Obtendo remoções de quase 80% da cor.	Bou et. al (2018)
Processo Oxidativo Avançado-POA utilizando Ozônio-O3 e de Peróxido de Hidrogênio-H2O2	Demanda química de Oxigênio-DQO de até 80% e para Carbono Orgânico Total-COT de 66%.	Gomes e Schoenell (2018)

Quadro 4 - Tratamentos citados e autores.

Autora, 2021

Com isso é possível verificar que os tratamentos que foram aplicados, analisaram o percentual de remoção e os parâmetros analisados com mais frequência e melhores percentuais de remoções, foram de Demanda química de Oxigênio-DQO, Demanda Bioquímica de Oxigênio-DBO e Carbono Orgânico Total-COT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho traz a confirmação que o tratamento biológico realiza um bom desempenho ao tratar o percolado. Porém necessita de procedimentos complementares para que atinjam os valores exigidos pela a legislação.

Conclui-se, que se faz preciso a evolução de estudos voltados para melhoria desses tipos de tratamentos. Considerando que nem todos os lixiviados possuem as mesmas características, onde faz com que o mesmo seja mais perigoso à saúde socioambiental.

REFERÊNCIAS

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8849: **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro, 1992.

AMORIM, A. M. P. B; CAVALHEIRO, T. L; PRESSULER, K. H; MIELKE, E. C; CUBAS, S. A; MARANHO, L. T. **Eficiência de um sistema piloto utilizando áreas alagadas no pós-tratamento do lixiviado gerado no Aterro Sanitário de Curitiba, Curitiba, Paraná, Brasil**. 2018.

BAUN, A. ET et al. Contam. Hydrol. 2003, 2, 1916. CHRISTENSEN, T. H. et al. **Biochemistry of landfill leachate plumes**. *Applied Geochemistry*. v.16, p. 659-718, 2001.

BOU, A. S. F; PEREIRA, B. C; SILVA, L. D. B; FERREIRA, J. A; CAMPOS, J. C; NASCENTES, A. L. **Remoção da cor no tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e esgoto doméstico via processo PACT®**. 2018.

CARVALHO, A L. (2001) **Contaminação de águas subsuperficiais em área de disposição de resíduos sólidos urbanos - o caso do antigo lixão de Viçosa (mg)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa.

CARRILHO, S. M. A. V; CARVALHO, E. H. **Avaliação da disposição de lodos de fossa e tanque sépticos em lagoas de estabilização que tratam lixiviados de aterro sanitário**. 2016.

Celere MS, Oliveira AS, Trevilato TMB, Segura-Muñoz SI. **Metais pesados presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, e sua relevância para saúde pública**. *Cad Saude Publica*. 2007;23(4):939-47.

CHAVEZ, R. P; PIZARRO, E. C; GALIANO, Y. L. **Landfill leachate treatment using activated carbon obtained from coffee waste**. 2019.

DIAS, A. L. S. **Análise de desempenho de lagoas de estabilização empregadas para tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. Orientador: Liséte Celina Lange. 2012. 185 f. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

França RG, Ruaro ECR. **Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos na região da Associação dos Municípios do Alto Irani (AMAI), Santa Catarina. Ciência. Saúde Coletiva.** 2009;14(6):2191-7.

FONSECA, c. m; ritter, e. cavalcante, a. l. b. **Aplicação de solução semianalítica para modelagem de ensaios de sorção e difusão pura com lixiviado.** 2019.

FUJII, E. H; GALVÃO, R. B; ROSA, J. L; FERNANDES, F; KURODA, E. K. **Composição granulométrica do filtro ascendente para pós-tratamento de lixiviado de aterro sanitário.** 2019.

GOMES, L. P; SCHOENELL, E. K. **Aplicação de ozônio e de ozônio + peróxido de hidrogênio para remoção de compostos recalcitrantes em lixiviados de aterros sanitários.** 2018.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos.** Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos> . Acesso em 08 de dezembro de 2020.

JUNIOR, A. B. C; DALASSO, R. L; ROHERS, F. **Pré-tratamento de lixiviados de aterros sanitários por filtração direta ascendente e coluna de carvão ativado.** 2010.

LANGE, L. C.; ALVES, J. F; AMARAL, M. C. S; JUNIOR, W. R. M. **Tratamento de lixiviado de aterro sanitário por processo oxidativo avançado empregando reagente de fenton.** 2006.

LEITE, V. D.; OLIVEIRA, A. G.; CAMPOS, A. R. C.; SOUSA, J. T.; LOPES, W. S.; OLIVEIRA, E. G. **Tratamento Conjugado de Lixiviado de Aterro Sanitário e Esgoto Doméstico em Lagoas de Estabilização.** Revista DAE, 65(207), p. 77-93, 2017.

LÔBO, E, M, P dos Santos. **Estudo Comparativo das Características dos Líquidos Percolados Gerados no Aterro Metropolitano – PB e no Aterro da Muribeca – PE.** Dissertação de Mestrado - Universidade federal de Pernambuco centro de tecnologia e geociências departamento de engenharia civil programa de pós-graduação em engenharia civil. Recife. Junho/2006.

LUCENA, L. G; ROCHA, E. M. R; SILVA, F. L. H.; CAHINO, A. M. **Otimização multivariada do processo foto-Fenton solar na remoção da demanda química de oxigênio em lixiviados de aterros sanitários.** 2018.

MAIA, I. S; RESTREPO, J. J. B; JUNIOR, A. B. C; FRANCO, D. **Avaliação do tratamento biológico de lixiviado de aterro sanitário em escala real na Região Sul do Brasil.** 2015.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/15708-diferen%C3%A7a-entre-lix%C3%A3o-e-aterro-sanit%C3%A1rio.html> . Acesso em: 04 de agosto de 2023.

OLIVEIRA, Débora Aparecida Lentini de. **Práticas clínicas baseadas em evidências. Especialização em Saúde da Família. Módulo Pedagógico.** 2014, p.39-41.

PERIODICO CAPES. Disponível em: https://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcollection&mn=70&smn=79&cid=81 . Acesso em: 19 de outubro de 2020.

PGIRS - **PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. Secretaria Municipal de Agricultura, Abastecimento e Meio Ambiente. Ponta Grossa – PR, p. 26-32, 2013.

REVISTA BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Av. Beira Mar, 216 - 13º Andar – Castelo 20021-060 Rio de Janeiro - RJ Brasil. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1413-4152&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 09 de janeiro de 2021.

SALLES, N. A.; SOUZA, T. S. O. **Aplicabilidade do Activated Sludge Model No. 1 (ASM 1) para simulação do co-tratamento de esgoto sanitário e lixiviado de aterro sanitário em lagoas aeradas**. 2020.

SÁ, L. F.; JUCÁ, F. T.; SOBRINHO, M. A. M. **Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar**. Revista Ambiente & Água, v.07, n.1, 2012. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.81> .

SOBRINHO, M. A. M.; PAULINO, P. M.; OLIVEIRA, D. E. B. **Pós-tratamento de lixiviados coagulados por adsorção em resíduos da ostreicultura**. 2019.

SOUZA, D. T.; Coutinho, T. C.; Junior, G. L. S; Nascente, L. N; Ferreira, A. J; Bila, D. M. **Tratamento combinado de lixiviado de aterro sanitário e lodo de fossa séptica com emprego de geobag: estudo de laboratório e de campo**. 2019.

AS PRÁTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL A PARTIR DOS CONCEITOS DE SAÚDE ÚNICA E AFRO-DIASPÓRICOS

Data de aceite: 02/05/2024

Julianne Caju de Oliveira Souza Moraes

Doutoranda, UFMT, Brasil

Ivoneides Maria Batista do Amaral

Doutoranda, UFMT, Brasil

Benedito Dielcio Moreira

Professor Doutor, UFMT, Brasil

RESUMO: Este trabalho tem por objetivo, a partir da revisão bibliográfica, apresentar conceitos sobre Saúde Única e Afro-diaspóricos para a sustentabilidade. Não se tem a pretensão de abarcar todo o campo do conhecimento das culturas afros nem daqueles referentes à saúde única, mas expor como códigos, símbolos e práticas advindas dos povos africanos, em função da migração forçada, podem contribuir para os processos de pensar, elaborar e ativar o desenvolvimento sustentável. Considera-se importante refletir sobre as formas com as quais as pessoas foram acostumadas a pensar de modo disciplinar, tendo apenas um ponto a ser observado, sem olhar para o ambiente que as cerca. Defende-se a necessidade da construção de uma outra “casa”, como adverte Teixeira Coelho (1994). Essa construção não deve começar pelo

telhado, mas pelo alicerce, uma construção pedagógica que respeite a diversidade e crie as condições para que se compreenda o ambiente como espaço de mediações de todas as relações, pois os sistemas vivos são fenômenos que se entrecruzam, e, à vista disso, torna-se primordial contemplar os complexos temas relacionados à saúde única e sustentabilidade. Tudo é possível, como mostrado pela saúde única, se considerar o significado afro-diaspórico e o uso da agroecologia como meio de ressignificar o tempo em que vidas plurais habitam o mundo. As mazelas sociais existem, mas podem ser combatidas com olhares múltiplos, transdisciplinares e com o reconhecimento de que tanto humanos, quanto animais domésticos, selvagens, plantas e meio ambiente estão interligados e precisam ser considerados nos momentos de pensar políticas públicas e desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Meio ambiente. Sistêmico. Sustentabilidade.

WHAT THE CONCEPTS OF THE ONE HEALTH AND THE AFRO-DIASPORA CAN TEACH US ABOUT SUSTAINABLE DEVELOPMENT?

ABSTRACT: This work aims, based on the

literature review, to present concepts about One Health and Afro-diasporics for sustainability. It is not intended to cover the entire field of knowledge of Afro-Brazilian cultures or those related to single health, but to expose how codes, symbols and practices arising from African peoples, due to forced migration, can contribute to the processes of thinking, developing and activate sustainable development. It is considered important to reflect on the ways in which people were accustomed to thinking in a disciplinary way, having only one point to be observed, without looking at the environment that surrounds them. The need to build another “house” is defended, as warned by Teixeira Coelho (1994). This construction must not begin with the roof, but with the foundation, a pedagogical construction that respects diversity and creates the conditions for understanding the environment as a space for mediation of all relationships, as living systems are phenomena that intertwine, and, In view of this, it is essential to contemplate the complex themes related to unique health and sustainability. Everything is possible, as shown by unified health, if we consider the Afro-diasporic meaning and the use of agroecology as a means of giving new meaning to the time in which plural lives inhabit the world. Social ills exist, but they can be combated with multiple, transdisciplinary perspectives and with the recognition that both humans, domestic animals, wild animals, plants and the environment are interconnected and need to be considered when thinking about public policies and sustainable development.

KEYWORDS: Environment. Systemic. Sustainability.

LO QUE LOS CONCEPTOS DE ONE HEALTH Y AFRODIASPÓRICO PUEDEN ENSEÑARNOS SOBRE EL DESARROLLO SOSTENIBLE

RESUMEN: Este trabajo tiene como objetivo, a partir de la revisión de la literatura, presentar conceptos sobre One Health y afrodiaspóricos para la sostenibilidad. No se pretende abarcar todo el campo de conocimiento de las culturas afrobrasileñas o aquellas relacionadas solo con la salud, sino exponer cómo códigos, símbolos y prácticas surgidos de los pueblos africanos, debido a las migraciones forzadas, pueden contribuir a los procesos de pensamiento, desarrollar y activar el desarrollo sostenible. Se considera importante reflexionar sobre las formas en que las personas estaban acostumbradas a pensar de manera disciplinaria, teniendo un solo punto que observar, sin mirar el entorno que los rodea. Se defiende la necesidad de construir otra “casa”, como advierte Teixeira Coelho (1994). Esta construcción no debe comenzar por el techo, sino por los cimientos, una construcción pedagógica que respete la diversidad y cree las condiciones para entender el entorno como un espacio de mediación de todas las relaciones, como sistemas vivos son fenómenos que se entrelazan y, en vista de Para ello, es fundamental contemplar los complejos temas relacionados con la salud y la sostenibilidad singulares. Todo es posible, como lo demuestra la salud unificada, si consideramos el significado afrodiaspórico y el uso de la agroecología como medio para resignificar la época en que vidas plurales habitan el mundo. Los males sociales existen, pero pueden combatirse con perspectivas múltiples y transdisciplinarias y reconociendo que tanto los seres humanos como los animales domésticos, los animales salvajes, las plantas y el medio ambiente están interconectados y deben ser considerados al pensar en políticas públicas y desarrollo sostenible..

PALABRAS CLAVE: Medio ambiente. Sistémico. Sostenibilidad.

INTRODUÇÃO

Este artigo tem por objetivo relacionar a saúde única e a sustentabilidade, além de discutir a relevância do tema e evidenciar o domínio das relações e interações dos organismos. Na atual conjuntura da sociedade, faz-se necessário refletir sobre o ambiente em suas diferentes dimensões. Tem-se o intuito de, a partir da revisão bibliográfica dos estudos sobre saúde única e conceitos afro-diaspóricos, provocar discussões que ocasionem mudanças de paradigmas nos hábitos e comportamentos nas relações entre seres humanos e demais seres vivos, propiciando a conscientização de práticas cotidianas voltadas ao cuidado de si e do outro. Maturana (2002) reforça que valores não se ensinam, antes é preciso vivenciá-los, portanto, a conscientização e a construção de políticas públicas para a utilização do ambiente como espaço onde se propaga todas as formas de vida se constituem como um meio efetivo de se romper com a disciplinarização e hierarquização dos territórios.

De acordo com Brewer e Carneiro (2021), saúde única oferece uma abordagem de sistemas para problemas complexos que envolvem as interações para o funcionamento da vida, em que organismos, sistema social e ecossistema estão interligados entre as esferas humana, animal, planta e saúde ambiental dentre outros modos de vida. Nessa perspectiva de pensar o ambiente como uma rede densa de conexões, o Ministério da saúde (2022) reforça a urgência de se reconhecer que a saúde de humanos, animais domésticos e selvagens, plantas e o meio ambiente (incluindo ecossistemas) estão intimamente ligados e são interdependentes. O conceito de saúde única não é contemporâneo, ele advém do termo Medicina Única (One Medicine), surgido no século XIX. O aumento de doenças infecciosas reacendeu a readequação da terminologia, uma vez que 70% dessas enfermidades são provenientes de animais selvagens e têm sido evidenciadas por causa do crescente uso dos recursos naturais, além das consequências que isso proporciona, a exemplo de alterações do clima, aumento de espécies invasoras, poluição, mortes e extinção de espécies, surgimento de novas doenças entre outros fatores.

A resolução desses e outros problemas oriundos da exploração e do desenvolvimento econômico passa por alternativas e ferramentas sistêmicas e multidisciplinares, com vistas à saúde de qualidade para as pessoas, os animais e o meio ambiente. Pensar em saúde única é refletir sobre os modos de produção dos alimentos, dos objetos e dos instrumentos considerados contemporâneos, de forma sustentável e a partir de sistemas que estejam conectados com as necessidades de todos os tipos de vida existentes.

Além disso, este texto pretende apresentar os conceitos afro-diaspóricos para a sustentabilidade que se quer e precisa, porém não tem a pretensão de abarcar todo o campo do conhecimento das culturas afros, mas expor como códigos, símbolos e práticas advindas dos povos africanos, em função da migração forçada, podem contribuir para os processos de pensar, elaborar e ativar o desenvolvimento sustentável. A formação do Brasil

tem grande influência africana, mas esse estudo só começa a acontecer efetivamente nas escolas em 1996, com a implementação da Lei número 9.394, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB).

Depois da criação da LDB, não necessariamente da aplicação dela em todas as escolas brasileiras, em 2003 foi instituída outra Lei, a de número 10.369, que determina a obrigatoriedade do ensino de História e da Cultura Afro-Brasileira nas escolas do Ensino Fundamental e Médio, tanto públicas quanto privadas. Realizada em 2022 entre 1.1187 gestores de secretarias municipais de educação, uma pesquisa do Instituto Alana e do Portal Geledés realizada em 2022, com 1.1187 gestores de secretarias municipais de educação, revelou que sete em cada dez secretarias não fizeram nenhuma atividade ou realizaram pouca ação para a efetivação do ensino da história e cultura afro-brasileira nas escolas gestadas por elas. As que foram entrevistadas correspondem a 21% do total das secretarias municipais, as que fazem pouca ou nenhuma atividade equivalem a 71%.

Uma das causas apontadas na pesquisa para esse resultado é a não formação do corpo docente para trabalhar tais temáticas. Apesar disso, reitera-se que a existência da Lei corrobora a importância do conhecimento histórico sobre África e outras leituras do legado dos povos negros. A aplicabilidade da lei 10.639/03 contribui também para a divulgação das práticas culturais africanas, dos saberes afro-diaspóricos para a saúde humana, dos animais e da natureza na perspectiva do desenvolvimento sustentável. Um dos legados afro-diaspóricos é a forma de se produzir alimentos. A revisão bibliográfica que será exposta neste trabalho mostrará que a prática cultural conectada com os saberes da ancestralidade de matrizes africanas, a agroecologia, é uma das tecnologias indispensáveis para a sustentabilidade que se almeja alcançar na sociedade contemporânea. Outra herança ancestral é a maneira com que lidamos com todas as vidas no meio ambiente, considerando que estão conectadas e agem de forma sistêmica, ou seja, tudo está interligado.

As perspectivas de vida e de tempo dos povos africanos valorizam os conhecimentos construídos e vivenciados pelos antepassados. Esses conhecimentos são baseados na ancestralidade e na memória, as quais importância se evidenciam nas tradições afro-brasileiras. Tempo, memória e ancestralidade pertencem ao passado, presente e futuro do legado africano. As experiências da memória constituem uma das formas de interconexão entre o que foi vivido e o que se pretende viver. É nesse sentido que este artigo pretende refletir: de que maneira os conceitos afro-diaspóricos podem mostrar possibilidades para o povo na diáspora brasileira, além de apresentar uma nova perspectiva das narrativas africanas sobre estar, pertencer e sentir as vidas habitantes? Ainda, quais as possibilidades de projeções de um futuro com sustentabilidade e prosperidade?

Muitos são os pesquisadores que têm desenvolvido os conceitos afro-diaspóricos, a fim de apresentar perspectivas bem diferentes do ideal desenvolvimentista criado pelos colonizadores europeus. Nobles (2009) afirma que no período escravocrata, além de roubar e sucatear, a escravização “descarrou” o povo africano de seu eixo civilizatório.

A metáfora do descarrilhamento é importante porque quando isso ocorre o trem continua em movimento fora dos trilhos; o descarrilhamento cultural do povo africano é difícil de detectar porque a vida e a experiência continuam. A experiência do movimento (ou progresso) humano continua, e as pessoas acham difícil perceber que estão fora de sua trajetória de desenvolvimento. A experiência vivida, ou a experiência dos vivos, não permite perceber que estar no caminho, seguindo sua própria trajetória de desenvolvimento, proporcionaria a eles uma experiência de vida mais significativa. (NOBLES, 2009, p. 284).

Nobles (2009) indica que o povo africano é o trem, os valores civilizatórios são os trilhos, a colonização foi o acidente, a condução para outros valores civilizatórios é o resultado dessa ação que causou muitos impactos negativos para a população africana, em todas as áreas e setores de suas vidas. Essas consequências ainda têm ressonâncias desastrosas na sociedade contemporânea. Corroborando esse pensamento, Munanga (2012) apresenta uma dessas implicações: “(...) sem território os demais aspectos da cultura não têm suporte para se refazerem” (p. 23), ou seja, os colonizadores quiseram destruir a identidade do povo africano e do negro-brasileiro por meio do aniquilamento e ocupação dos seus territórios cujos espaços são nascedouros da origem, da memória e da identidade da população negro-brasileira.

Outro resultado dos arranjos econômicos cunhados pela colonialidade, que diminuiu existencialmente os povos colonizados e que se perpetua globalmente, é a produção de bens e serviços associados ao consumo dos recursos naturais. Essa forma de desenvolvimento tem explorado em demasia o meio ambiente e aumentado as desigualdades ambientais e sociais. Por isso o resgate da afro-diáspora se faz necessário para um refazimento das formas de se trabalhar, viver conscientemente, da garantia dos recursos necessários à manutenção das vidas de forma coletiva e colaborativa. Neste trabalho não se pretende tratar do racismo ambiental, mas é importante considerar que se ele continuar sendo fomentado, a sustentabilidade das vidas vai se esvaír e ficar cada vez mais distante. O amparo social, ambiental, jurídico, econômico e cultural só terá êxito se a produção das desigualdades em todos os níveis for alijada e espaços mais sustentáveis convertidos em diferentes lugares e para todas as vidas.

A relação entre saúde única e sustentabilidade

Os sistemas vivos são fenômenos que se entrecruzam, sendo possível contemplar os complexos temas relacionados à saúde única e sustentabilidade, ressaltando a utilização simbólica, social, cultural e política dos espaços. Para Capra (1991, p. 79), a “mudança de paradigmas é, agora, realmente uma questão de sobrevivência para a raça humana”, esse é o grande desafio.

Considera-se importante refletir sobre as formas com as quais as pessoas foram acostumadas a pensar de modo disciplinar, tendo apenas um ponto a ser observado, sem

olhar para o ambiente que as cerca. Defende-se a necessidade da construção de uma outra “casa”, como adverte Teixeira Coelho (1994). Essa construção não deverá começar pelo telhado, mas pelo alicerce, uma construção pedagógica que respeite a diversidade e crie as condições para que se compreenda o ambiente como espaço de mediações de todas as relações, pois os sistemas vivos são fenômenos que se entrecruzam, e, à vista disso, torna-se primordial contemplar os complexos temas relacionados à saúde única e sustentabilidade.

Essa é uma forma de atualizar o modo de pensar e de fazer ciência, bem diferente do que se fazia no século passado. Nessa perspectiva Capra (1991) estimula a enxergar a realidade de forma ampliada, ou seja, maior do que se pode compreender, na busca de novos níveis de consciência. Considerando a grandeza da vida, é possível compreender o conceito de saúde única como a possibilidade de se enxergarmos que todas as formas de vida são como unidades que se conectam e se complementam por meio do ambiente compartilhado, reforçando a urgência de se reconhecer a relação entre Saúde única e Sustentabilidade.

Evidencia-se, dessa forma, a urgência de se atuar de modo interdisciplinar, construindo novas formas de sociabilidades e subjetividades comprometidas com a sustentabilidade do planeta, com o rompimento das relações de dominação etária, socioeconômico, étnico-racial, de gênero, regional, linguística e religiosa. A implementação de ações que perpassam as diversas fronteiras e se tornam uma compreensão real e crítica da situação atual do planeta numa visão holística contextualizada também se faz fundamental.

Ao observar a natureza como espaço onde tudo se conecta, pode-se ilustrar com um exemplo simples, a água do rio: quando um rio se torna poluído em toda sua extensão, as consequências são sentidas pelos humanos, plantas e animais, bem como todo o ecossistema é afetado, ainda que de forma diferenciada. Afinal toda essa cadeia da vida se desenvolve e interage de modo plural, fazendo com que as relações aconteçam processual e dinamicamente. Isso faz com que se propague de forma mais profunda e alcance diferentes dimensões. A saúde única é um dos caminhos para que se compreenda como as pessoas são afetadas com as doenças e outros problemas sociais, justamente por tratarem de modo isolado a realidade circundante.

O conceito de Saúde Única emerge de uma perspectiva interdisciplinar, vinculando saúde, ecossistemas e envolvendo uma rede de sistemas vivos. Arelado ao pensamento de Rincón (2017) sobre comunicação e cultura, em que tempo e espaço não são como costumavam ser, ou seja, o espaço se torna cada vez mais explorado, consoante a perspectiva capitalista, com o intuito da obtenção de lucros financeiros, sem refletir as graves mudanças ocasionadas nos espaços ambientais e comportamentais. Nessa perspectiva Giddens (1991) traz os efeitos da globalização, principalmente para as comunidades menores, que buscam em seu modo de vida a produção como meio de subsistência.

Para Maturana (2002), Varela (2005) e Menín (2018), é necessário refletir sobre a interdependência entre as áreas, ao voltar o olhar para essa perspectiva é possível perceber que vários conceitos se estruturam a partir da concepção, tais como: cibernética, autopoiese, a teoria geral do sistema e o pensamento complexo, demonstrando que todos os elementos vivos estão em constante interação, o que os torna interdependentes e conectados. Dentre os conceitos referidos está a autopoiese, desenvolvida por Maturana (2002) e Varela (2005), que nos possibilita uma nova compreensão do desenvolvimento natural e humano, ou seja, os seres vivos se formam por meio de uma unidade ecológica. O meio é o espaço em que os seres vivos realizam suas ações e onde acontece a autopoiese.

Nessa perspectiva é importante observar o que se tem feito com o ambiente do qual se faz parte, o exemplo aqui discorrido traz a água do rio como esse meio que interliga humanos, animais e territórios. Enquanto não se entrecruza essa relação de maneira multidisciplinar, as partes não conversam e conseqüentemente continua operando ações contraditórias, entre elas a poluição do rio, que tem causado a morte dos peixes, plantas e outros animais, além de ocasionar doenças na população, ações que de modo implícito ou explícito compõem a realidade circundante.

Dessa maneira são pertinentes os estudos relacionados à saúde única, pois demonstram que as mudanças ambientais têm ocasionado uma aproximação entre humanos e animais de maneira descontrolada, não se observa um limite necessário entre seres vivos distintos, isso faz com que haja uma maior incidência de doenças transmissíveis, doenças zoonóticas são comumente disseminadas na interface humano-animal-ambiente, onde, muitas vezes, as pessoas e os animais compartilham o mesmo espaço.

Capra (1997, p. 14) reforça que as pessoas se defrontam “com toda uma série de problemas globais que estão danificando a biosfera e a vida humana de uma maneira alarmante, e que pode logo se tornar irreversível”. Dessa forma é necessário atrelar o pensamento sistêmico a redes conectadas de modo multidisciplinar, aperfeiçoando soluções que envolvam a educação, a comunicação, a saúde, o campo biológico, social e ambiental, seja de modo local ou global. Considerando que a cultura é tudo aquilo que resulta da criação humana, Turner (1974) reforça que a cultura corresponde a um conjunto de hábitos, crenças e conhecimentos de um povo ou determinado grupo artístico, que cultiva um padrão estético semelhante e se constitui num fenômeno coletivo. Diante das mudanças no cenário local, tem-se uma dimensão real da situação que permeia a modernidade, suas interferências e transformações na representatividade das tradições.

Ao se pensar o processo de autopoiese desenvolvido por Maturana (2005), é pertinente afirmar que, se há uma transformação na estrutura do ambiente, ele precisa ser analisado por diferentes ângulos. Com a consolidação de um sistema capitalista que atua nas premissas de acumulação do capital, ocasionando o consumo para além do necessário, amplia-se a problemática ambiental que vem se agravando e ganhando ênfase a partir da década de 1980, com o surgimento do processo de globalização e o objetivo de

homogeneizar as civilizações do mundo, colocando como base os moldes da população norte-americana. Podem ser destacados elementos marcantes de transformação profunda na vida dos homens, entre si e com o meio ambiente, por conseguinte das condições objetivas e subjetivas da saúde humana e da sustentabilidade ambiental.

A década de 1990 redimensionou a percepção e prática das questões ambientais, especialmente devido à publicação da Agenda 21, importante instrumento de discussão em torno da temática ambiental, com vistas a um novo modelo de desenvolvimento para o séc. XXI, pautado em uma sociedade sustentável. A consciência sobre os problemas ambientais tem ocorrido de forma mais intensa nos últimos anos. As pessoas têm se preocupado mais com os impactos gerados pelo mau uso dos recursos naturais, em especial nas últimas décadas do século XX.

A degradação ambiental tem sido algo tão intenso, tornando-se um problema planetário que atinge a todos, decorrente do tipo de desenvolvimento praticado pelos países, porém o que se observa é uma resistência em analisar esse problema de modo generalizado, que resta confinado nos limites territoriais dos estados nacionais. Vários líderes governamentais se negam a assumir que muitos problemas ambientais são decorrentes dos processos de crescimento e desenvolvimento desequilibrados. Tais atitudes tem despertado interesses diferenciados entre diversos agentes, indivíduos, governos, organizações internacionais, entidades da sociedade civil.

Essa modificação no ambiente é notável com o aumento do aquecimento global, que afeta as diferentes populações e países diversos. Conforme Cavalcante KKS, *et al*, (2020, p. 2), “desde o século XIX, observa-se a semelhança nos processos de doenças entre animais e humanos, porém as medicinas humana e animal foram praticadas separadamente até o século XX”. Ou seja, não havia um entendimento sobre a complexidade do sistema. Essa rede de conexões precisa emergir em diferentes linguagens, pois, com a expansão populacional, tem-se vivenciado as mudanças climáticas, grandes porções de terras voltadas à plantações e criação de gado, além dos desmatamentos e poluição, fatores que afetam o meio ambiente, os animais e o homem.

Conforme ressalta Tiriba (2010, p. 2), “diante de uma cultura que silencia a unidade e valoriza a dicotomia, afirmamos, desde a primeira infância, a importância da Educação Ambiental enquanto processo que religa ser humano e natureza, razão e emoção, corpo e mente, conhecimento e vida”. Ainda reforça que a educação para sociedades sustentáveis tem como referência fundamental o ato de cuidar, à medida que orienta o trabalho relacionado às três ecologias definidas por Guattari, permitindo avaliar a qualidade das atividades relacionadas ao ser (ecologia pessoal), à qualidade das interações coletivas (ecologia social) e à qualidade das relações com a natureza (ecologia ambiental).

Nesse contexto pode-se refletir sobre o pensamento complexo, ressaltando que se deve considerar o sistema não só como unidade global, pois seria o reducionismo para uma macrounidade, sendo necessário compreender que o todo retroage sobre as partes, que, por sua vez, retroagem sobre o todo. À vista disso Morin (2013, p. 260) afirma que,

O todo é efetivamente uma macrounidade, mas as partes não estão fundidas ou confundidas nele; têm dupla identidade, identidade própria que permanece (portanto, não é redutível ao todo) identidade comum, a da cidadania sistêmica. Mas ainda: os sistemas atômicos, biológicos, sociais indicam-nos que um sistema não é só uma constituição de unidades a partir da diversidade [...].

Uma verdadeira causa de vida, mais que um ser no mundo, o ser humano se tornou presença no mundo, com o mundo e com os outros. Para Freire (1987), presença que reconhecendo a outra presença como um “não-eu”, reconhece a “si própria”. Presença que pensa a si mesma, que se sabe presença, que intervém, que transforma, que fala do que faz, mas também do que sonha. É a partir desta vivência de valores, em unidade, que serão criadas as possibilidades para uma vida adulta em que a solidariedade, a cooperação e responsabilidade não precisem ser o tempo todo lembradas.

A crise ambiental é uma das questões fundamentais enfrentadas pela humanidade e exige mudança de mentalidade, em busca de novos valores e uma ética em que a natureza não seja vista apenas como fonte de lucro. À medida que as sociedades humanas se territorializaram, construindo seus ambientes a partir de interações com espaços concretos de um planeta que possui grande diversidade de formas geológicas e biológicas, emergiram incontáveis exemplos de práticas materiais e percepções culturais referidas ao mundo natural. A produção de um entendimento sobre esse mundo se tornou um componente básico da própria existência social (PÁDUA, 2010).

O termo sustentabilidade está diretamente relacionado ao conceito de saúde única, pois o desenvolvimento sustentável implica a elaboração de ações que promovam a sustentação da sociedade, no âmbito econômico, ambiental e social. Desse modo, para além de ações de cunho puramente ambiental, a sustentabilidade está ancorada na concretização de objetivos que contribuem para a economia e para o bem-estar da sociedade. Para Capra (2006), reconectar-se com a teia da vida significa construir, nutrir e educar comunidades sustentáveis, nas quais pode-se satisfazer as aspirações e necessidades sem diminuir as chances das gerações futuras. Para realizar essa tarefa, pode-se aprender valiosas lições extraídas do estudo de ecossistemas, que são comunidades sustentáveis de plantas, animais e microrganismos. A sustentabilidade pensada no contexto global, nacional e local, no intuito de evidenciar algumas questões relacionadas as ações do cotidiano.

Os ecossistemas ensinam a viver de maneira sustentável. Capra (2006) em sua obra *Alfabetização Ecológica*, propõe refletir sobre como é possível tornar-se ecologicamente alfabetizado, ou “ecoalfabetizado”, o que significa entender os princípios de organização das comunidades ecológicas (ecossistemas) e usar esses princípios para criar comunidades humanas sustentáveis. É preciso revitalizar as comunidades — inclusive aquelas educativas, comerciais e políticas.

Cabe destacar que sucesso da comunidade depende do sucesso de cada um de seus membros, enquanto o sucesso de cada membro depende do sucesso da comunidade

como um todo. Entender a interdependência ecológica significa entender relações, buscar um acordo entre economia e ecologia e refletir sobre o fato de que a natureza é cíclica, enquanto os sistemas industriais são lineares, ou seja, os padrões sustentáveis de produção e consumo precisam ser cíclicos, imitando os processos cíclicos da natureza, para que se possa viver em um ambiente mais saudável, como menos consumo. Dessa forma é preciso atuar na difusão dessas práticas de sustentabilidade, em continuidade às discussões sobre a conscientização e o ativismo de todos os setores da sociedade, como ação necessária, sejam elas de caráter individual ou coletivo.

É preciso encontrar o caminho de um pensamento multidimensional que, é lógico, integre e desenvolva formalização e quantificação, mas não se restrinja a isso. A realidade antropossocial é multidimensional; ela contém, sempre, uma dimensão biológica. O econômico, o psicológico e o demográfico que correspondem às categorias disciplinares especializadas são as diferentes faces de uma mesma realidade; são aspectos que, evidentemente, é preciso distinguir e tratar como tais, mas não se deve isolá-los e torná-los não comunicantes. Esse é o apelo para o pensamento multidimensional (MORIN, 2013, p. 189).

Ainda são poucos os estudos interdisciplinares que relacionam dados sobre causas e efeitos gerados de modo interligado com a saúde humana, animal e ambiental. Nessa perspectiva, Carneiro e Brewer (2021, p. 222) afirmam que é imprescindível utilizar como fonte de pesquisa o conceito “One Health, que busca uma abordagem interdisciplinar representada por um complexo sistema biológico e social, que envolve múltiplos atores e processos e suas interações ao longo do tempo a nível local, nacional e global”. Dito de outra forma, quando se somam os fatos têm-se uma visão ampla sobre o contexto, por exemplo, ao se tratar dos efeitos da poluição do rio para os peixes, humanos e o ambiente, é possível observar que a ação é circular, afetando e transformando o organismo todo. Reforça-se que os estudos interdisciplinares se apresentam como o caminho mais viável para a compreensão de que ao afetar parte de um sistema os outros organismos sofrem as consequências.

O que dizem os conceitos afro-diaspóricos sobre a sustentabilidade?

Se por um lado a globalização tem permitido o crescimento do hibridismo e do cosmopolitismo, como também de fomentar ações de grupos que foram separados por causa da colonização e da exploração de mão de obra humanas; por outro, por não ser um processo homogêneo, a globalização não abarca todos os territórios da mesma maneira, seja na amplitude das áreas culturais, econômicas ou sociais. Os índices de pobreza, desemprego e aumento da concentração de renda são exemplos do aumento dos problemas que contribuem para a ampliação das desigualdades socioeconômicas nos países colonizados. Outra consequência da criação desses laços tem proporcionado problematizações sobre ser, estar, pertencimento, representatividade e territorialidade.

Assim observa-se o processo contínuo, perene e amplo de se tornar sujeito afro-diaspórico desde a sociedade escravocrata até o presente e, por ter corpo, voz e lugar de fala, ele terá continuidade. A sociedade contemporânea tem vivenciado as possibilidades de conhecer e aprender sobre outras histórias de África, bem como de reconhecer as tecnologias criadas e usadas pelos povos africanos para viver em harmonia consigo mesmo e com o meio ambiente. Uma das práticas ancestrais que se apresenta neste trabalho é da Agroecologia, que soma com os conceitos afro-diaspóricos e o desenvolvimento sustentável. Assim como a definição de saúde única engloba a integração e unificação do equilíbrio das vidas das pessoas, animais e ecossistemas, a agroecologia também, porque tem como princípio o trabalho coletivo, sistêmico e sustentável.

Importante lembrar que assim como a diáspora, o significado de agroecologia não pode ser fixado, pois se move por uma cadeia de diversidades e diferenças, além de sistêmico e libertário. Nessa perspectiva, Hall (2013) ajuda a compreender que as diásporas, ao englobarem vários sentidos e complexidades sistêmicas, envolvem também as nações, as comunidades e as entidades políticas dos povos. É a cultura que possibilita a formação e a compreensão das diferentes identidades sociais, bem como das práticas que acontecerão entre o homem, o meio ambiente e outros seres vivos. As práticas sociais, portanto, estão interligadas com as dimensões culturais, tais como as áreas econômicas e políticas.

Tal concepção afro-diaspórica ainda sofre apagamento por causa da colonialidade do saber – conhecimento pensado e formado somente por pessoas brancas, que reafirmam a não visibilidade dos saberes dos povos negros e indígenas; da colonialidade do poder – espaços de decisão ocupados somente por pessoas brancas, enquanto negras e indígenas foram alocadas para os lugares de fazer o que a branquitude decidir; da colonialidade do ser – representação somente de pessoas brancas nos diferentes espaços sociais. A reprodução da colonização tem relevância no entendimento de como as identidades são construídas, como se inserem nas realidades, nos territórios e nas marcas da dinamicidade com as culturas (SODRÉ, 1988).

A negação das humanidades das pessoas africanas, ocasionada pela diáspora compulsória, causou inviabilização, ocultação e apagamento dos saberes dos povos negros. Diante desse fato e de tantos outros é que tem se valorizada a ampliação dos conceitos afro-diaspóricos, a fim de evidenciar que esse conhecimento não está deslocado da vida e não é universal. O rompimento com a narrativa única dos saberes eurocentrados e colonizantes permite a expansão dos princípios das materialidades, corporeidades, experiências, afetos e simbologias africanas. Nesse sentido, os conceitos afro-diaspóricos, a exemplo, da agroecologia, que permite o desenvolvimento com fins mais sustentáveis, têm na perspectiva democrática, inclusiva, decolonial e ancestral possibilidades de se perpetuarem, ainda que tensões estejam imbricadas nesses processos de pensar, fazer e ser mais afro-brasileiro e mais afro-centrado no desenvolvimento socioeconômico.

A desobediência epistêmica sugerida por Mignolo (2018) é uma opção decolonial para se trilhar caminhos para reflexões pós-colonial e descolonial.

Pretendo substituir a geo e a política de Estado de conhecimento de seu fundamento na história imperial do Ocidente dos últimos cinco séculos, pela geo-política e a política de Estado de pessoas, línguas, religiões, conceitos políticos e econômicos, subjetividades etc., que foram racializadas (ou seja, sua óbvia humanidade foi negada). Dessa maneira, por "Ocidente" eu não quero me referir à geografia por si só, mas à geopolítica do conhecimento (MIGNOLO, 2018, p. 290).

Para Mignolo (2018), é urgente o desvínculo com o pensamento moderno ocidental, bem como problematizar as lógicas hierárquicas e binárias dos discursos e das práticas colonizantes. Ser e estar não resume o pensamento descolonial, mas o reconhecimento das diferenças, diversidades e pluralidades das organizações sociais, das categorias humanas e das relações de poder que atravessam os conjuntos que agregam as pessoas na sociedade. A não limitação hegemônica das regras e dos construtos sociais são as indicações do pensador para o entendimento sobre identidade em política e desobediência epistêmica.

Os estudos afro-diaspóricos têm mostrado que as narrativas contribuem para o desenvolvimento sustentável de várias maneiras. Ainda que no âmbito formativo das relações étnico-raciais se encontrem as consequências da modernidade, é possível transpor, descolonizar e afro-centralizar os caminhos em prol da sustentabilidade. Nessa perspectiva, reafirma-se as narrativas afro-diaspóricas a partir do que foi citado anteriormente como uma das ferramentas para outras perspectivas, modos de ser, fazer e acontecer.

A Agroecologia é uma ciência que estuda processos ecológicos de forma holística, considerando os saberes tradicionais, as características do meio ambiente e o conhecimento científico. É uma disciplina científica que congrega as dimensões sociais, culturais, éticas e ambientais no uso dos recursos naturais para a produção agrícola sustentável e conservação da biodiversidade agrícola. A Agroecologia é entendida como um enfoque científico destinado a apoiar a transição dos atuais modelos de desenvolvimento rural e de agricultura convencionais para estilos de desenvolvimento rural e de agriculturas sustentáveis (CAPORAL e COSTABEBER 2000a; 2000b; 2001, 2002).

Minimizar os fatores restritivos de produção por meio da busca da raiz dos problemas de maneira integrada, com opções holísticas e a longo prazo, é uma das propostas da agroecologia. As soluções apresentadas são as que têm como base as práticas ecológicas e sustentáveis.

A Agroecologia se consolida como enfoque científico na medida em que este campo de conhecimento se nutre de outras disciplinas científicas, assim como de saberes, conhecimentos e experiências dos próprios agricultores, o que permite o estabelecimento de marcos conceituais, metodológicos e estratégicos com maior capacidade para orientar não apenas o desenho e manejo de agroecossistemas sustentáveis, mas também processos de desenvolvimento rural sustentável. (CAPORAL E COSTABEBER, 2004, P. 13)

Dessa maneira compreende-se que a Agroecologia busca nos conhecimentos empíricos, populares, científicos e tecnológicos a promoção de transformações, produções e consumos mais sustentáveis e ecológicos. No que tange à área da saúde, a agroecologia pode promover melhoria na qualidade de vida das pessoas através da promoção da sustentabilidade ambiental, da garantia da segurança alimentar e nutricional, do incentivo à participação de todos os agentes sociais, do resgate dos saberes tradicionais e da abordagem interdisciplinar. Uma das convergências da Agroecologia e da Saúde Única é possibilitar benefícios para a saúde do agricultor e do consumidor, ou seja, todas as pessoas ganham com as práticas agroecológicas e podem ter mais segurança alimentar e nutricional.

Enxerga-se, portanto, nessa ciência e modo de produzir alimento mais um meio de transver as necessidades e demandas dos seres vivos. Pensar em todos os agenciamentos gerados pela colonialidade se faz necessário, haja vista a comunicação das ideias colonizadoras se dar pelos significados, enunciados e sentidos das coisas e dos objetos. É por meio deles que o racismo continua sendo reproduzido, fomentado e às vezes reinventado. “Uma das coisas mais difíceis, tanto para uma pessoa quanto para um país, é manter sempre presentes diante dos olhos os três elementos do tempo: passado, presente e futuro” (FANON, 2020, p. 264).

A dimensão afro-diaspórica da busca pela sustentabilidade em todas as áreas sociais mostra um deslocamento, um extravasamento de sentidos e significados dos seres, dos saberes e dos acontecimentos em descolonização nas práticas econômicas e culturais. Os conceitos aqui apresentados na perspectiva africana mostram a amplitude e a projeção de fronteiras epistêmicas.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Diante do que foi exposto neste trabalho, destaca-se e repete-se que a saúde única e os conceitos afro-diaspóricos não são inovadores. Eles foram invisibilizados pelos que se autointitulam donos dos saberes, das produções de conhecimento e das práticas desenvolvimentistas. Se não são novidades, há muitas possibilidades de olhar, entender, refletir, escolher e fazer a partir de uma perspectiva sistêmica, inclusiva e sustentável. Olhar para o passado é criar mais possibilidades para se agir no presente e planejar o futuro com despertar de consciência e responsabilidade socioambiental.

Tudo é possível, como mostrado pela saúde única, se considerar o significado afro-diaspórico e o uso da agroecologia como meio de ressignificar o tempo em que vidas plurais habitam o mundo. As mazelas sociais existem, mas podem ser combatidas com olhares múltiplos, transdisciplinares e com o reconhecimento de tanto humanos, quanto animais domésticos, selvagens, plantas e meio ambiente estão interligados e precisam ser considerados nos momentos de se pensar políticas públicas e desenvolvimento sustentável.

Os seres humanos têm a possibilidade de construir coisas novas, diferentes e diversas, mas as respostas para os problemas sociais muitas vezes já existem, porém, ainda não foram alcançadas de forma sistêmica, a partir do que versam os conceitos de saúde única e os afro-diaspóricos. Na sociedade contemporânea é primordial investir não apenas na interação presencial ou digital, mas também na organização social a partir das diversidades, pluralidades e singularidades das culturas.

REFERÊNCIAS

Brasil Ministério da Saúde. **Saúde Única**. Site do ministério da saúde.gov, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/saude-unica>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CAPORAL, Francisco Roberto, COSTABEBER, José Antônio. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. 24 p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004

CAPRA Fritjof. **Alfabetização ecológica: a educação das crianças para um mundo sustentável**. São Paulo: Cultrix; 2006.

CARNEIRO Liliane Almeida; BREWER Christina Pettan, **One Health: Conceito, História e Questões Relacionadas: Revisão e Reflexão**. Pesquisa em Saúde & Ambiente na Amazônia: perspectivas para sustentabilidade humana e ambiental na região, 2021.

COSTABEBER, José A.; CAPORAL, Francisco R. **Possibilidades e alternativas do desenvolvimento rural sustentável**". In: VELA, H. (Org.). Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural Sustentável no Mercosul. Santa Maria: Editora da UFSM/Pallotti, 2003. p.157-194.

FANON, Franz. **Pele Negra, máscaras brancas**. Salvador: EDUFBA, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**, 17a. ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1987.

GIDDENS, Antony. **As consequências da modernidade**. Tradução de Raul Fiker. 5° reimpressão. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

HALL, Stuart. **Da diáspora. Identidades e mediações culturais**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

MATURANA, Humberto; VARELA J. Francisco. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. ed. 5° São Paulo: Palas Athena, 2005.

MBEMBE, Achille. **A crítica da razão negra**. 1 ed. Lisboa: Portugal. Antígona Editores Refratários, 2014.

MENIN, Álvaro. **Saúde Única: uma reflexão**. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. 2018.

MIGNOLO, Walter D. Desobediência epistêmica: a opção descolonial e o significado de identidade em política. **Cadernos de Letras da UFF**: Dossiê: Literatura, língua e identidade. n.34, p.287-324, 2008. Disponível em www.uff.br/cadernosdeletrasuff/34/traducao.pdf . Acesso em: ago. 2018.

MIGNOLO, Walter D. **Colonialidade. O lado mais escuro da modernidade**. Revista Brasileira de Ciências Sociais. [on line] vol. 32. n.94. jun/2017. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0102-69092017000200507&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em jan. 2018.

MORIN, Edgar. **Ciência com consciência**. Ed.15º Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

MUNANGA, K. **Negritude: usos e sentidos**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2012

NOBLES, W. Sakhu Sheti: retomando e reapropriando um foco psicológico afrocentrado. In: NASCIMENTO, E. L. (Org.). **Afrocentricidade: uma abordagem epistemológica inovadora**. São Paulo: Selo Negro, 2009. p. 277-297.

PÁDUA, José Augusto. **As bases teóricas da história ambiental**. Revista estudos avançados. USP São Paulo, 2010.

RINCÓN, Omar. **Mutações bastardas da comunicação**. Matizes, V.12 - No 1 jan./abr. 2018 São Paulo - Brasil p. 65-78.

SODRÉ, Muniz. **A verdade seduzida: por um conceito de cultura no Brasil**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Ed. Francisco Alves, 1988.

TIRIBA, Léa. **CRIANÇAS DA NATUREZA**. Anais do I Seminário nacional: currículo em movimento – Perspectivas Atuais Belo Horizonte, novembro de 2010.

TEIXEIRA, Coelho. **O imaginário e a pedagogia do telhado**. Em Aberto, Brasília, ano 14, n.61, jan./mar., 1994.

TURNER, Victor W. **O processo ritual, estrutura e anti estrutura**. Petrópolis: Ed. Vozes, 1974.

O MARCO REGULATÓRIO DA PROBLEMÁTICA DOS ACIDENTES AMBIENTAIS COM DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO NO MAR

Data de submissão: 01/04/2024

Data de aceite: 02/05/2024

Acir Alves Coelho Junior

Universidade da Região de Joinville-
Univille
Curso de Direito Univille
<http://lattes.cnpq.br/8355499954192153>

Therezinha maria Novais de Oliveira

Universidade da Região de Joinville-
Univille
Programa de Pós-Graduação em Saúde e
Meio Ambiente
<http://lattes.cnpq.br/8358410394755408>
<https://orcid.org/0000-0003-2122-6095>

RESUMO: Ao longo das últimas décadas, o mundo se deparou com desastres ambientais decorrentes do derramamento de óleo no mar. Esses fenômenos catastróficos tiveram sua origem no aumento do consumo de petróleo desde meados do século XX em todo o mundo. Conseqüentemente, devido à prospecção e à exploração do petróleo em plataformas marítimas, ocorreram acidentes tanto nas plataformas em si quanto em oleodutos e navios transportadores de petróleo, conhecidos como navios petroleiros. No início da indústria petrolífera não existiam legislações internacionais e tão pouco

nacionais para regulamentar o transporte de óleo no mar, questão que somente foi enfrentada após a ocorrência de acidentes emblemáticos que geraram manifestações de grupos de interesse social e ambiental. Em virtude disso as autoridades internacionais criaram a Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Poluição por Óleo (CLC 1969). Visando ao cumprimento das regras de responsabilidade civil estabelecidas nessa convenção, em 1970 surge a Federação Internacional da Poluição por Donos de Petroleiros (*International Tanker Owners Pollution Federation* – ITOPF na sigla inglesa). A partir do acompanhamento dos relatórios de acidentes registrados por organizações, como a ITOPF e outros estudos desenvolvidos sobre o tema, a indústria naval, as empresas envolvidas no transporte de petróleo, os países e os organismos internacionais puderam adotar uma série de medidas, legislações e regulamentos técnicos para prevenção de acidentes marítimos com derramamento de petróleo no mar, bem como ações de mitigação desses eventos. É notável que, apesar da queda progressiva no número de acidentes eles não deixaram de ocorrer em todo o mundo. Dessa forma, este capítulo

pretende apresentar estudo sobre os aspectos legais e institucionais, internacionais e nacionais que envolvem a problemática dos acidentes com petróleo no mar.

PALAVRAS-CHAVE: Legislação ambiental. Derramamentos de petróleo. Meio ambiente. Saúde pública.

THE REGULATORY MARK ABOUT PROBLEM OF ENVIRONMENTAL ACCIDENTS WITH OIL SPILLS AT SEA

ABSTRACT: Over the past decades, the world has faced environmental disasters resulting from oil spills at sea. These catastrophic events have their origins in the increased consumption of oil worldwide since the mid-20th century. Consequently, due to oil exploration and exploitation on offshore platforms, accidents have occurred both on the platforms themselves and in oil pipelines and tanker ships. In the early days of the oil industry, there were no international or national regulations to regulate oil transportation at sea, a matter that was only addressed after the occurrence of emblematic accidents that generated public and environmental interest. As a result, international authorities created the International Convention on Civil Liability for Oil Pollution Damage (CLC 1969). In order to comply with the civil liability rules established in this convention, the International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF) was established in 1970. By monitoring accident reports registered by organizations like ITOPF and conducting other studies on the subject, the naval industry, oil transportation companies, countries, and international organizations were able to adopt a series of measures, legislations, and technical regulations for the prevention and mitigation of maritime accidents involving oil spills. It is notable that, despite a progressive decline in the number of accidents, they have not ceased to occur worldwide. Therefore, this chapter aims to present a study on the legal and institutional aspects, both international and national, that involve the issue of oil accidents at sea.

KEYWORDS: Environmental legislation, oil spills, Environment, Public health.

INTRODUÇÃO

De acordo com Pimenta (2017), acidentes com derramamento de óleo no mar são tragédias anunciadas. Desde que o petróleo se tornou a principal fonte na matriz energética mundial, os desastres se tornaram realidade em questão de tempo. Os registros dos grandes acidentes com óleo no mar iniciaram na década de 1960 e continuam acontecendo, configurando um dos maiores desafios da comunidade científica, empresarial, ambientalistas e operadores do direito ambiental para regulamentar de forma eficiente toda a cadeia de prospecção, produção, transporte e distribuição do petróleo e de seus derivados em meio à sustentabilidade socioambiental. A cada acidente, as pessoas afetadas, a biodiversidade local e, conseqüentemente, as economias locais sofrem as conseqüências.

O petróleo é um hidrocarboneto mineral que possui em sua composição vários compostos químicos extremamente tóxicos. Uma vez em contato com o ser humano, água, solo, fauna e flora, traz conseqüências desastrosas para a saúde e o meio ambiente.

Diante dessa premissa, surge como resposta jurídica o Direito Ambiental, que se propõe, dentre outras funções, no mundo dos fatos e problemas de ordem ambiental, a contribuir na construção de legislações e regulamentações com o objetivo maior de prevenir e mitigar danos ambientais de qualquer natureza, visando garantir ainda a conservação e a preservação de ambientes naturais.

O direito ambiental é uma das disciplinas cruciais para a evolução das legislações nacionais e internacionais de prospecção, produção, transporte e distribuição do petróleo e de seus derivados. Contudo, para que acidentes com derramamento de óleo no mar sejam evitados e adequadamente administrados, é necessária uma abordagem interdisciplinar de diversas áreas de conhecimento, tais como a biologia, a química, as engenharias, a medicina, a logística, dentre outras. Isso permitiria conhecer os múltiplos efeitos da exploração do petróleo na natureza e na sociedade e, a partir daí, definir melhores técnicas de manuseio, armazenamento e transporte dessas substâncias.

É necessário conhecer as origens do petróleo, sua localização, extração e transporte e, a partir desse roteiro logístico, analisar as respectivas causas de acidentes que resultaram em derramamento de petróleo. Também é necessário o estudo do Direito Ambiental, por meio das ações de juristas e legisladores, para apontar a eficiência das legislações e o comprometimento com os processos fiscalizatórios, no intuito de evitar, minimizar e até mesmo extinguir desastres que resultem em derramamento de óleo no mar.

As legislações ambientais, tanto internacionais como nacionais, que regulamentam a prevenção e mitigação de acidentes com derramamento de óleo no mar, foram surgindo a partir do final da década de 1960 e aprimoradas ao longo das décadas seguintes, em razão de grandes acidentes que foram emblemáticos. Essas ações iniciaram com o acidente do navio Torrey Canyon em 1967, seguido pelo navio Amoco Cadiz, em 1978, e prosseguiram com o navio Exxon Valdez, em 1989, com as legislações protetivas estabelecidas ou aprimoradas a partir dos dados extraídos desses e outros acidentes, dado o grande impacto ecológico (PIMENTA, 2017).

É preciso salientar que, assim como no setor de aviação civil, cada acidente resultante de derramamento de petróleo no mar é estudado por especialistas no intuito de apresentar às autoridades legislativas nacionais e internacionais sugestões e medidas para prevenir ou contingenciar futuros acidentes. Com esse viés, surgiu, em 1970, a Federação Internacional da Poluição por Donos de Petroleiros (ITOPF na sigla em inglês) (INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATIONS - ITOFF, 2021).

O primeiro marco regulatório internacional a tratar sobre o tema foi a Convenção Internacional Sobre Responsabilidade Civil em Danos Causados por Óleo, de 1969 (CLC na sigla abreviada em inglês), que estabelece como principal diretriz a responsabilidade civil objetiva dos armadores (OCTAVIANO MARTINS, 2013).

A partir da publicação da CLC/1969, os acidentes causados com óleo no mar independem da caracterização do elemento culpa para fins de responsabilização civil por

danos. Assim, em 1973, reforçando a temática protetiva iniciada pela CLC/1969, surge a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL, na sigla abreviada em inglês), cujo objetivo maior é preservar o ambiente marinho e impor diversas medidas a serem observadas pelos transportadores de petróleo e seus derivados através do mar, cujo texto foi objeto de reforço e aprimoramento em 1978 (SÃO PAULO, 2023).

No ano de 1990, um importante marco regulatório foi estabelecido nos Estados Unidos da América, que, por sua vez, influenciou fortemente as legislações nacionais e internacionais sobre o tema, trata-se do Oil Pollution Act de 1990 (OPA/1990, na sigla em inglês), que estabeleceu exigências construtivas e técnicas para navios petroleiros (SHIGENAKA, 2020).

Em 2003, a Organização Marítima Internacional (IMO, na sigla em inglês) publicou a Resolução A-960, que criou parâmetros e recomendações sobre treinamento, certificação e procedimentos operacionais para práticos que não atuam em alto-mar (PIMENTA, 2017).

O Brasil, a reboque das legislações internacionais, também criou suas próprias regras que são exigências em território nacional, dentre elas:

- Lei Federal n. 9.537/1997 (Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário – LESTA);
- Lei Federal n. 9.605/1998 (Lei dos Crimes Ambientais);
- Lei Federal n. 9.966/2000 (Lei do Óleo, princípios a serem obedecidos);
- NORMAN (normas da autoridade marítima) (SÃO PAULO, 2023).

Outras legislações surgiram ao redor do mundo, sempre com o viés de atender ao principal objetivo do direito ambiental, que é a prevenção (MACHADO, 2023).

Diante disso, a pergunta que se faz com relação aos acidentes com petróleo no mar é: é possível encontrar nas legislações brasileiras elementos suficientes para educar, prevenir e punir responsáveis com efeitos positivos para a saúde humana e o meio ambiente?

É evidente que críticas e sugestões de melhoria nas normativas vigentes não faltam, dentre elas a efetividade da responsabilidade da pessoa jurídica nos crimes ambientais. O tema é complexo, controverso e não encontra simpatia dos criminalistas brasileiros, que entendem existir uma incompatibilidade hermenêutica ao atribuir responsabilidade penal para as pessoas jurídicas, uma vez que o direito penal brasileiro foi construído com base no Princípio da Pessoalidade da Pena. (COSTA; MAROTTA, 2017)

Outro tema enfrentado no direito ambiental brasileiro em relação aos acidentes com petróleo no mar é a falta de adoção de uma legislação nacional que trate da exigência de casco duplo para navios petroleiros em águas brasileiras. Esse modelo normativo teve origem nos Estados Unidos, logo após o acidente com o navio Exxon Valdez, que em 1989 derramou cerca de 41 milhões de litros de óleo cru na baía Prince William, no estado do Alasca. Esse acidente resultou na aprovação do Oil Pollution Act (OPA/1990) pelo congresso americano exigindo o casco duplo para os navios que trafegavam em águas norte americanas e foi assinado pelo então presidente George H. W. Bush, no mesmo ano. (PIMENTA, 2017)

Por fim, este capítulo traz o tema dos acidentes com petróleo no mar para discussão com o objetivo de analisar os aspectos legais e institucionais tanto internacionais quanto nacionais que envolvem essa problemática, abordando o marco regulatório e as principais legislações internacionais e nacionais que procuram evitar, minimizar e mitigar os impactos ambientais e de saúde dos acidentes com petróleo no mar

O SISTEMA NORMATIVO INTERNACIONAL E OS ACIDENTES COM PETRÓLEO NO MAR

No âmbito do Direito Internacional do Meio Ambiente, considera-se a matéria relativa à poluição ambiental do meio marinho uma das mais normatizadas (OCTAVIANO MARTINS, 2013).

A elevada frequência de acidentes e derrames tem incentivado a produção de legislação internacional, que visa à prevenção de acidentes, todavia a continuidade de ocorrências revela a reduzida eficácia da normativa. O relatório da Comissão Mundial Independente para os Oceanos, de 1998, já apontava que o que faltava para evitar acidentes não era mais legislação, e sim sua efetiva aplicação e cumprimento (OCTAVIANO MARTINS, 2013).

Na sequência do acidente com o Exxon Valdez, em 1989, os EUA, insatisfeitos com a insuficiência das normas internacionais de prevenção da poluição por navios, adotaram, em 1990, o Oil Pollution Act (OPA 90), pelo qual impuseram unilateralmente requisitos de casco duplo não só para os petroleiros novos, mas também para os petroleiros existentes. Estabeleceram limites de idade (entre 23 e 30 anos, a partir de 2005) e prazos-limite (2010 e 2015) para a retirada de serviço dos petroleiros de casco simples. Em decorrência dessa medida unilateral dos americanos, a IMO foi forçada a intervir e estabeleceu, em 1992, requisitos de casco duplo na Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) (OCTAVIANO MARTINS, 2013).

A MARPOL exige que todos os petroleiros de porte bruto igual ou superior a 600 toneladas construídos para entrega depois de julho de 1996 tenham casco duplo ou uma configuração equivalente. Por conseguinte, não há petroleiros de casco simples desse porte construídos depois dessa data (OCTAVIANO MARTINS, 2015).

Em relação aos petroleiros de casco simples de porte bruto igual ou superior a 20.000 toneladas entregues antes de 6 de julho de 1996, a MARPOL exige que satisfaçam os requisitos de casco duplo quando atingirem a idade de 25 ou 30 anos, consoante estejam ou não equipados com tanques de lastro segregado (OCTAVIANO MARTINS, 2023).

O objetivo dos tanques de lastro segregado é reduzir os riscos de poluição operacional, de forma a assegurar que a água de lastro não entre nunca em contato com hidrocarbonetos. Esses tanques, além disso, têm uma localização protetiva e estão instalados nas zonas em que o impacto de um encalhe ou colisão pode ser mais grave (OCTAVIANO MARTINS, 2023)

As diferenças detectadas no sistema americano e no internacional mostram como consequência que, a partir de 2005, os petroleiros de casco simples banidos das águas americanas devido à idade começaram a operar em outras regiões do mundo, o que aumentou o risco de poluição nos países que seguem apenas os requisitos da MARPOL, como é o caso do Brasil. Essa foi uma das causas apontadas pela União Europeia na revisão e adoção de regras mais rígidas que a normativa internacional em matéria de segurança marítima e derramamento de petróleo, nos termos da análise a seguir (OCTAVIANO MARTINS, 2015).

A União Europeia (UE) encontra-se na vanguarda das normativas atinentes à segurança marítima. O naufrágio do petroleiro Erika marcou o ponto de partida para novos avanços na execução da política comunitária de segurança marítima – foram instituídos os Pacotes Erika I e II. Uma das medidas mais significativas constantes do pacote Erika I referia-se ao banimento progressivo dos petroleiros de casco simples, que seriam substituídos, o mais tardar até 2015, por navios de casco duplo (OCTAVIANO MARTINS, 2015).

Além disso, os Pacotes Erika I e II preconizavam ainda as seguintes medidas: acompanhamento de navios que transitam em águas europeias, sem prejuízo do direito de “passagem inocente”; estabelecimento de fundo de compensação suplementar para indenização das vítimas de derrames em águas europeias (Fundo COPE); criação da Agência Europeia de Segurança Marítima (LISBOA, 2003); implementação de medidas adicionais para transporte de petróleo; introdução de sistema de reconhecimento de certificados profissionais de marinheiros emitidos fora da UE; solicitação de relatórios aos pilotos; implementação de medidas de proteção às águas costeiras e alteração das normas Port State Control; estabelecimento de locais de refúgio; implementação de parcerias com a indústria petrolífera (OCTAVIANO MARTINS, 2015).

Alguns meses após a adoção dos Pacotes Erika I e II, ocorreu o desastre com o petroleiro Prestige. Na sequência do naufrágio desse petroleiro, em novembro de 2002, foram antecipadas e intensificadas as alterações decorrentes dos Pacotes Erika I e II, denominadas “Pacote Prestige”. Dentre as medidas adotadas introduziu-se um calendário tendente a banir os petroleiros de casco simples a partir de 2005, ao passo que os petroleiros menores e mais recentes não mais poderiam navegar nas águas comunitárias a partir de 2010. Foi igualmente decretada a imediata proibição de utilizar os petroleiros de casco simples destinados a transportar óleos pesados com destino a portos comunitários ou deles provenientes (OCTAVIANO MARTINS, 2015).

O SISTEMA NORMATIVO BRASILEIRO E OS ACIDENTES COM PETRÓLEO NO MAR

A legislação brasileira relativa à segurança marítima é considerada de vanguarda e recebe as mais importantes convenções internacionais. O Brasil é membro da OMI e signatário das principais convenções internacionais que norteiam as regras de segurança marítima e prevenção da poluição marinha. Dentre as convenções das quais o Brasil é signatário destacam-se (REVISTA CEJ, 2007):

- a. Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil por Danos Causados por Poluição por Óleo – 1969 (Dec. Legislativo n. 74/76 e Dec. n. 83.540/79); originou-se após o acidente com o navio Liberiano Torrey Canyon na costa Inglesa, que derramou 100 mil toneladas de óleo. Após esse acidente a sociedade da época entendeu que as regras de responsabilidade civil sobre derramamento de óleo no mar eram insatisfatórias e necessitavam de uma legislação mais eficaz de prevenção e responsabilização do poluidor.

Convenção de Basiléia Sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos, 1989 (Dec. Legislativo n. 34/92 e Dec. n. 875/93); A Convenção de Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito tem como principal objetivo proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente frente aos efeitos prejudiciais dos resíduos perigosos. A ratificação pelo Brasil se deu em 19/07/1993.

- b. Convenção sobre Prevenção de Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e Outras Matérias (com emendas), 1972 (Dec. Legislativo n. 4/87 e Decreto n. 2.508/98); essa convenção denominada convenção de Londres, em vigor desde 1975, e ratificada pelo Brasil, foi um dos primeiros tratados globais destinados a proteger o ambiente marinho das atividades humanas.
- c. Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição Causada por Navios, MARPOL, Londres (OMI), 1973, e Protocolo de 1978 (Dec. Legislativo n. 4/87 e Dec. n. 2.508/98); criada em 1973, revisada em 1978, cuja sigla é a redução de *“Maritime Pollution”*, é uma das convenções mais importantes para coibir a poluição por hidrocarboneto no mar, possui VI anexos, que tratam de transporte, fiscalização e prevenção.
- d. Convenção Internacional sobre o Preparo, a Prevenção, Resposta e Cooperação em Caso de Poluição por Óleo, Londres (IMO), 1990 (Decreto n. 2.870/98). Promover a cooperação internacional e aperfeiçoar as capacidades nacional, regional e global de preparo e resposta à poluição por óleo, e, no caso do Protocolo, à poluição por substâncias potencialmente perigosas e nocivas. Ratificada pelo Brasil.

No que tange à legislação interna, destacam-se, especificamente quanto a acidentes ambientais e derrames:

- Lei Federal n. 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais);
- Lei Federal n. 9.966/2000 (Lei do Óleo), regulamentada pelo Decreto Federal n. 4.136/2002;
- Lei Federal n. 9.537/1997 (Lei de Segurança do Tráfego Aquaviário – LESTA), regulamentada pelo Decreto n. 2.596/98 (Relesta);
- As Normas da Autoridade Marítima (Norman) 01, 03, 04 (*Port State Control*), 06 e 20 (água de lastro). Refere-se, ainda, a dois projetos de lei em trâmite, extremamente relevantes.

Resolução CONAMA nº 1/1986: Estabelece critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação do impacto ambiental de atividades potencialmente poluidoras, incluindo as relacionadas à exploração, produção e transporte de petróleo.

Algumas das resoluções do CONAMA relacionadas ao tema são:

- Resolução CONAMA nº 20/1986: Estabelece critérios para distribuição de recursos financeiros destinados ao combate e ao controle dos efeitos da poluição marinha por óleo. Define as responsabilidades dos agentes envolvidos e as diretrizes para a distribuição dos recursos.
- Resolução CONAMA nº 302/2002: Estabelece diretrizes para o Gerenciamento Ambiental de Áreas Contaminadas no âmbito do licenciamento ambiental. Embora não seja específica para acidentes com petróleo no mar, ela trata de áreas contaminadas e pode ser aplicada em casos de derramamentos de óleo em ambientes marinhos.
- Resolução CONAMA nº 393/2007: Estabelece diretrizes para o licenciamento ambiental de atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural em águas marinhas. Essa resolução visa garantir a prevenção e o controle da poluição durante as atividades de exploração e produção de petróleo e gás em ambientes marinhos.

Embora essas resoluções sejam relevantes para prevenção e controle da poluição causada por derramamento de óleo no mar, é importante ressaltar que a responsabilidade pela fiscalização e controle dessas atividades é compartilhada entre várias entidades e órgãos, como o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Marinha do Brasil (OCTAVIANO MARTINS, 2015)

A ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL (IMO)

Sempre se reconheceu que a melhor forma de melhorar a segurança no mar é através do desenvolvimento de regulamentos internacionais que sejam seguidos por todas as nações marítimas. e, a partir de 1948 com a criação da Organização das Nações Unidas vários países propuseram a criação de um organismo internacional permanente para promover a segurança marítima de forma mais eficaz.

A Convenção da IMO entrou em vigor 1958, tendo como objetivos previstos no seu artigo 1º “ são “fornecer mecanismos para a cooperação entre os governos no campo da regulamentação e práticas governamentais relativas a questões técnicas de todos os tipos que afetem o transporte marítimo envolvido no comércio internacional; para encorajar e facilitar a adoção geral dos mais elevados padrões possíveis em questões relativas à segurança marítima, à eficiência da navegação e à prevenção e controlo da poluição marinha causada pelos navios”. (CONVENÇÃO IMO 1948/1958).

A IMO – Organização Marítima Internacional – é a agência especializada das Nações Unidas responsável pela segurança e proteção do transporte marítimo e pela prevenção da poluição marinha e atmosférica por navios. O trabalho da IMO apoia os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU. (IMO 2024).

Embora uma das maiores responsabilidades da IMO ainda seja a segurança da navegação, a partir do final da década de 1960, a IMO adquire também a responsabilidade do combate à poluição no mar, sobretudo da poluição por derramamento de petróleo.

Surge através da IMO as principais convenção internacionais sobre óleo no mar, destacando-se a CLC/1969 e 1971, a MARPOL/1971 e 1973, ambas já citadas e referenciadas neste trabalho.

Em relação a estrutura da IMO, é composta por uma Assembleia Geral, o mais alto órgão da organização composta por todos os membros, um Conselho cuja principal função é supervisionar o trabalho da organização, e comitês e subcomitês sendo os mais importantes o comitê de segurança marítima e o comitê de proteção ao meio ambiente marinho. (IMO, 2024)

A IMO possui um comitê jurídico que tem por competência tratar de quaisquer assuntos jurídicos no âmbito da organização, foi criado em 1967 como um órgão subsidiário nas questões jurídicas, bem como a formação de pareceres e proposições legislativas aos membros (IMO, 2024)

No entanto a IMO não possui em sua estrutura mecanismos de soluções de controvérsias litigiosas, sendo estas ficando a cargo dos tribunais dos Estados envolvidos e das câmaras de arbitragem internacional.

O CASO DOS PETROLEIROS DE CASCO DUPLO

Dentre as muitas partes que compõem um navio, a mais importante delas é o casco, pois, essencialmente, é esse componente que define a função da embarcação que é flutuar (ANJOS; GOMES, 1992).

Em que pese a tecnologia naval ter sido dominada pela humanidade há milênios, a problemática das formas de construção e materiais empregados no casco de embarcações é uma ciência fruto de aperfeiçoamento constante, uma vez que problemas no casco podem resultar no afundamento do navio e sua consequente perda total (UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SYDNEY – UTS, 2023).

Pensando em como contornar esse problema, o famoso inventor Leonardo Da Vinci propôs uma inovação tecnológica: navios com casco duplo para evitar afundamentos decorrentes de manobras de aríete, na qual um navio era colocado em rota de colisão com outro com o intuito de perfurar o casco. A ideia de Da Vinci, contudo, só ganhou vida mais de trezentos anos depois, com o engenheiro Isambard Kingdom Brunel, que, em 1858, criou o primeiro navio de casco duplo conhecido na história, o SS *Great Eastern* (UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SYDNEY – UTS, 2023).

Com o desenvolvimento da indústria petrolífera um século depois, além do problema de afundamento, que era o principal objetivo a ser enfrentado pelas embarcações de casco duplo, surgiram os primeiros navios petroleiros, que realizam o transporte de petróleo extraído em plataformas marítimas e levam o óleo até as estações continentais para refino.

Em decorrência dos grandes acidentes envolvendo derramamento de petróleo por navios petroleiros na segunda metade do século XX, cujas ocorrências advinham de acidentes envolvendo abaloamento das respectivas embarcações transportadoras de petróleo, surgiu uma nova problemática a ser resolvida: evitar ou ao menos reduzir os vazamentos dos tanques de armazenamento de petroleiros para impedir ou diminuir o impacto ambiental decorrente do acidente marítimo (CURL; BARTON; HARRIS, 1992)

Em que pese o conceito de casco duplo existir há muitos anos, a sua aplicabilidade no uso pela indústria petrolífera em navios só se tornou regulamentada a partir de 1989, após o acidente com o navio Exxon Valdez (PIMENTA, 2017)

O acidente do navio Exxon Valdez (CURL; BARTON; HARRIS, 1992) foi um dos piores acidentes registrados na história mundial envolvendo derramamento de petróleo em ambiente marítimo.

No dia 24 de março de 1989, a referida embarcação seguia viagem na região de Valdez, no Alasca, em direção a Los Angeles. Transportava imensa quantidade de petróleo, quando encalhou em um recife de coral por navegar fora das linhas de navegação ao tentar evitar colisão com gelo.

Como consequência do encalhe, oito dos onze tanques do navio que transportavam petróleo sofreram danos, o que resultou no derramamento de aproximadamente 41 milhões de litros de petróleo bruto na baía da região de Prince William Sound no Estado do Alasca.

O acidente gerou um desastre ambiental sem precedentes, causou enormes impactos ambientais que afetaram todo o ecossistema local de animais e resultou em grandes prejuízos econômicos para a pesca esportiva e turismo no local (EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL, 2023).

As proporções do acidente com o Exxon Valdez geraram grande comoção nos EUA, de modo que em 1990 o Congresso daquele país aprovou o *Oil Pollution Act (OPA/90)* (NEW MEXICO CENTER FOR WILDLIFE LAW, 2023) que, dentre outras medidas de responsabilização econômica por acidentes ambientais, também determinou que todo e qualquer navio petroleiro operando em águas estadunidenses deveria possuir casco duplo (FAURE; HU, 2006, p. 14).

A regulamentação estabelecida pela OPA/90 determinava que os velhos navios deveriam ser adaptados ou aposentados, enquanto os novos navios deveriam ser construídos já com o casco duplo, de modo que, entre 2010 e 2015, não houvesse mais navios petroleiros que circulassem por águas estadunidenses sem que possuíssem casco duplo.

Na esteira das mudanças drásticas na legislação dos EUA, a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL na sigla em inglês) foi alvo de uma emenda por países membros, em 1992, que estabeleceu datas limítrofes para a atualização ou retirada de serviço de todos os navios petroleiros de casco simples. Determinou que, a partir das datas fixadas, somente fossem permitidas as embarcações de casco duplo para o transporte de petróleo (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – IMO, 2023).

Por meio das regras 19 e 20 restaram definidos os limites e regras gerais de construção ou reforma de petroleiros. Ficou a regra 19 aplicável às embarcações entregues em 6 de julho de 1996 ou após e a 20 para os navios entregues até 5 de julho de 1996 (COMISSÃO COORDENADORA DOS ASSUNTOS DA ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL – CCA-IMO, 2023).

Em uma tentativa de seguir o modelo regulatório dos EUA, o então deputado federal Fernando Gabeira protocolou o Projeto de Lei n. 4.296/2001, que visava modificar a Lei Federal n. 9.966/2000 e proibir de forma definitiva e em prazo determinado a permanência e circulação de navios petroleiros de casco simples em águas de domínio nacional (BRASIL, 2001).

O referido projeto de lei, contudo, foi arquivado pela Comissão de Viação e Transportes da Câmara dos Deputados de forma definitiva, em 27 de janeiro de 2012. Segundo o histórico de tramitação do referido projeto de lei (BRASIL, 2001), o projeto chegou a ser aprovado pela Comissão de Viação e Transportes da Câmara, em 2002, no entanto precisou ser arquivado por não ter sido votado em plenário até o fim da legislatura que ocorreu naquele ano.

Após requerimento do deputado proponente foi desarquivado, todavia a citada comissão, dessa vez, emitiu parecer negativo em 29 de janeiro de 2004. Como razões, apontou o relator (BRASIL, 2001):

Em seu parecer, o relator concluiu que a adoção de medidas mais rígidas conforme a proposta do referido projeto de lei iria gerar grandes problemas para a indústria naval e o mercado nacional de frete marítimo. Ainda esclareceu que as medidas adotadas pela Organização Marítima Internacional por meio das alterações promovidas pela MARPOL seriam suficientes no âmbito de proteção ambiental para o Brasil.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de uma análise de conjuntura, observou-se o cenário geopolítico instaurado em torno da indústria petrolífera, dotados de reservas estratégicas, sua importância econômica e seus impactos ambientais profundos que afetam não apenas a fauna e a flora, mas também possui nefastos efeitos econômicos para as regiões afetadas.

Com o desenvolvimento do direito ambiental e a evolução histórica em sua formação recente, os impactos ambientais dos grandes acidentes de derramamento de petróleo no mar chamaram a atenção da população em geral e dos legisladores e organismos internacionais em particular, o que deu origem a ondas normativas ao redor do mundo no sentido de responsabilizar os donos de navios petroleiros pelos danos causados e determinar a sua reparação.

Dentro do sistema normativo brasileiro houve a regulamentação do tema por meio de diversos diplomas normativos, sejam de origem nacional ou por meio da ratificação de tratados internacionais desenvolvidos no âmbito dos organismos internacionais, em especial a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), que, ao longo das décadas, sofreu substanciais alterações para acomodar as evoluções observadas na indústria petrolífera marítima.

A partir da análise feita, observou-se que, ao longo das décadas, a criação de normas nacionais e internacionais reguladoras da responsabilidade civil dos donos de navios, normas acerca dos requisitos técnicos a serem adotados na construção de navios, bem como expedição de diplomas regulamentares da navegação por petroleiros contribuíram para uma redução significativa do número de acidentes e do volume derramado de petróleo e seus derivados nos mares ao redor do mundo, em que pese o aumento vertiginoso da produção no mesmo período.

Dentre as muitas medidas adotadas ao longo das décadas, uma das principais contribuições surgiu a partir do *Oil Pollution Act* (OPA/90), diploma normativo expedido no âmbito da jurisdição marítima dos Estados Unidos da América, que deu origem a uma série de tratamentos internacionais do tema por meio de atualizações dos tratados expedidos no círculo da MARPOL, em especial na adoção obrigatória de petroleiros de casco duplo

como forma de prevenção ou redução dos impactos ambientais de acidentes marítimos envolvendo navios petroleiros.

Em que pese o Brasil não ter adotado uma legislação interna sobre o tema, houve a internalização das normativas internacionais decorrentes da atualização da MARPOL. Um dos pontos levantados na discussão legislativa brasileira em torno do tema foi a questão da efetividade de se adotarem normas mais rígidas do que aquelas já ratificadas pelo Brasil no âmbito internacional.

Essa indagação leva à análise realizada por três estudos desenvolvidos por agentes com diferentes representações nos polos das relações entre academia, indústria e organismos de proteção ambiental. A partir da conjunção dos três estudos, é possível observar que a adoção do sistema construtivo de cascos duplos contribui para a redução ou eliminação dos acidentes no âmbito de operações em baixa velocidade, em especial na região portuária, que respondem pelo maior percentual daqueles que resultam em pequenos derramamentos de petróleo no mar, segundo os critérios internacionais (abaixo de 700 toneladas derramadas), contudo não correspondem à maior parte do volume de petróleo derramado no mar ao longo dos anos.

Os estudos concluíram que os cascos duplos contribuem para a redução ou eliminação dos derramamentos em operações em baixa velocidade, no entanto aquelas realizadas em alto mar, na qual a velocidade dos navios petroleiros é expressivamente maior, nem sempre o casco duplo impede que ocorra rompimento e vazamento de petróleo. Não sendo esta questão fechada internacionalmente, uma vez que a exigência existe para uma gama de países.

A dificuldade de acesso a relatórios das equipes que investigaram acidentes para que se analise em que medida e quais falhas contribuíram efetivamente para a ocorrência dos eventos, mesmo que os dados mostrem que 62% dos acidentes ocorreram por falhas humanas não permite proposição de medidas efetivas para redução dos erros de operação, o que coloca em xeque os acidentes responsáveis pelos grandes volumes de petróleo derramado nas últimas décadas por meio da adoção de novas políticas e regras de navegação.

Em que pese a falta desse material para uma conclusão acerca do tema, os estudos analisados no último ponto deste capítulo, apontam uma direção geral: a necessidade de adoção de práticas que reduzam os erros humanos resultantes em acidentes de navegação, tanto no âmbito de treinamento de pessoal, construção robusta de embarcações e adoção de meios tecnológicos que tornem possível a previsão dessas intercorrências com grande antecedência, de modo que se possibilite a adoção tempestiva de manobras nos navios petroleiros que impeçam a ocorrência das referidas colisões, alisões e encalhes.

REFERÊNCIAS

ANJOS, J. Haroldo dos, GOMES, Carlos Rubens Caminha. **Curso de direito marítimo**. Renovar. Rio de Janeiro. 1992.

ANIS. **Naval architecture**: single hull vs double hull tankers. 2021. Disponível em: <https://www.marineinsight.com/naval-architecture/single-hull-vs-double-hull-tankers/>. Acesso em: 18 jul. 2023.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Boletim de recursos e reservas de petróleo e gás natural 2021**. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/dados-estatisticos/arquivos-reservas-nacionais-de-petroleo-e-gas-natural/boletim_reservas_2021.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.

_____. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 47, de 3.9.2014, DOU 5 de setembro de 2014**. 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-47-2014?origin=instituicao&q=47/2014>. Acesso em: 15 dez. 2022.

COMISSÃO COORDENADORA DOS ASSUNTOS DA ORGANIZAÇÃO MARÍTIMA INTERNACIONAL – CCA-IMO. **Marpol**. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/marpol>. Acesso em: 03 maio 2023.

COSTA, Beatriz; MAROTTA, Clarice Gomes. Responsabilidade penal ambiental da pessoa jurídica na visão do Supremo Tribunal Federal: uma análise do RE 548181/PR. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 358- 377, maio/ago. 2017.

CURL, Herbert Charles; BARTON, Kenneth; HARRIS, Lori. **Oil spill case histories, 1967-1991**: summaries of significant U.S. and international spills. Seattle, Washington: NOAA, 1992. Disponível em: https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Oil_Spill_Case_Histories.pdf. Acesso em: 06 jul. 2023.

DECOLA, Elise. **A review of double hull tanker oil spill prevention considerations**: report to prince William sound RCAC. 2009. Disponível em: https://www.pwsrca.org/wp-content/uploads/filebase/programs/oil_spill_prevention_planning/double_hull_tanker_review.pdf. Acesso em: 15 jul. 2023.

EXXON VALDEZ OIL SPILL TRUSTEE COUNCIL. **Economic impacts of spilled oil**. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20070630045759/http://www.evostc.state.ak.us/Publications/economic.cfm>. Acesso em: 08 jul. 2023.

FAURE, Michael G.; HU, James. **Prevention and compensation of marine pollution damage**: recente developments in Europe, China and the US. s.l.: Kluwer Law International, 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=E5NafsG5RiEC&pg=PA14&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 08 jul. 2023.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – IMO. Disponível em <https://www.imo.org>. acesso em 04 jan. 2024.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – IMO. **Construction requirements for oil tankers – double hulls**. Disponível em: <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/constructionrequirements.aspx>. Acesso em: 08 jul. 2023.

INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATIONS – ITOPF. **About us**. Vimeo, 4 out. 2021. Disponível em: <https://www.itopf.org/about-us/>. Acesso em: 10 set. 2023.

_____. **Handbook 2022/23**. 2022. Disponível em: https://www.itopf.org/fileadmin/uploads/itopf/data/Documents/Company_Lit/ITOPF_Handbook22_web.pdf. Acesso em: 15 maio 2023.

_____. **Our history**. Disponível em: <https://www.itopf.org/about-us/our-history/>. Acesso em: 15 maio 2023.

MACHADO, Paulo Affonso Leme, **Direito Ambiental Brasileiro**, 29ª Edição, São Paulo, JusPodivm, 2023.

OCTAVIANO MARTINS, Eliane M. **Curso de Direito Marítimo**. 4. ed. Barueri: Manole, 2013. v. 1.

_____. **Curso de Direito Marítimo**. 2. ed. Barueri: Manole, 2013. v. 2.

_____. **Curso de Direito Marítimo**. Barueri: Manole, 2015. v. 3.

_____. **Desenvolvimento sustentável e transportes marítimos**. Disponível em: <https://revistaeletronicardfd.unibrazil.com.br/index.php/rdfd/article/view/182/174>. Acesso em: 12 set. 2023.

PETROBRAS. **Fatos e dados: Transpetro: conheça nossos principais tipos de navios**. 2014. Disponível em: <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/transpetro-conheca-nossos-principais-tipos-de-navios.htm>. Acesso em: 15 jul. 2023.

PIMENTA, Matusalém Gonçalves. **Praticagem, meio ambiente e sinistralidade**. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2017.

REVISTA CEJ. Brasília: s.n., v. XI, n. 37, p. 103-107, abr./jun. 2007.

ROXIN, Claus. **Problemas básicos del derecho penal**. Madrid: Reus, 1976.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Emergências químicas: legislação e convenções**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/tipos-de-acidentes/vazamentos-de-oleo/legislacao-e-convencoes/>. Acesso em: 10 set. 2023.

_____. **O petróleo da história antiga aos tempos atuais**. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/emergencias-quimicas/wp-content/uploads/sites/22/2013/12/O-petroleo-historia-antiga-tempos-atuais.pdf>. Acesso em: 31 nov. 2022.

SHIGENAKA, Gary. **The oil pollution act of 1990: a history of spills and legislation**. 2020. Disponível em: <https://blog.response.restoration.noaa.gov/oil-pollution-act-1990-history-spills-and-legislation>. Acesso em: 10 set. 2023.

TALLEY, W. K.; ANDERSON, E. E. Determinants of tanker accident oil spill risk. **International Journal of Transport Economics**, v. 23, n. 1, p. 3-16, fev. 1996. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/42747390?read-now=1&seq=1#page_scan_tab_contents. Acesso em: 18 mar. 2023.

UNIVERSITY OF TECHNOLOGY SYDNEY – UTS. **Double hulled ship**. Disponível em: <https://www.uts.edu.au/partners-and-community/initiatives/after-da-vinci/models/double-hulled-ship#:~:text=The%20SS%20Great%20Eastern%2C%20built,the%20first%20double%20hulled%20ship>. Acesso em: 06 jul. 2023.

VITAMINA D3 E SEUS METABÓLITOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS: REVISÃO

Data de aceite: 02/05/2024

Jessica Mansur Siqueira Crusoe

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0007-4210-8430>

Leonardo França da Silva

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

Genelício Crusoe Rocha

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Leonardo Fonseca Faria

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Victor Crespo de Oliveira

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

Matheus Faria Souza

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Diego de Ávila Martins Braga

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

Denis Medina Guedes

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)
<https://orcid.org/0009-0004-9847-8471>

Michael Bergsten Eliphelete Rodrigues Barbosa

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Cauã Fraga

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Pedro Arthur Rezende Aguiar Moura

Universidade de Federal Viçosa
Florestal – Minas Gerais (Brasil)

Juarez Lopes Donzele

Universidade de Federal Viçosa
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

RESUMO: A eficiência produtiva na criação de suínos depende de uma série de fatores, dentre eles, a nutrição é um dos pontos mais importantes, porque interfere nos resultados obtidos. Avanços no melhoramento genético tiveram uma grande influência na melhora do desempenho dos animais, mas isso também acarretou mudanças nas exigências nutricionais e alterações no

metabolismo. É fundamental ter atenção ao uso de vitaminas em suínos para poder alcançar melhores resultados. A vitamina D3 está envolvida no metabolismo ósseo, nas atividades do intestino e sistema imune dos animais. Diante do exposto, são destacados na presente revisão os efeitos da suplementação de vitamina D3 e seus metabólitos na alimentação de suínos.

PALAVRAS-CHAVE: desempenho, imunidade e nutrientes

ABSTRACT: Productive efficiency in swine depends on a series of factors, among which nutrition is one of the most important points, as it interferes with our results. Advances in genetic improvement have influence on improving animal performance, but this has also led to changes in nutritional requirements and changes in metabolism. The use of vitamins for swine is important to reach better results. Vitamin D3 is involved in bone metabolism, intestinal activities and the immune system of animals. This review highlights the effects of vitamin D3 supplementation and its metabolites in swine feed.

KEYWORDS: performance, immunity and nutrients

INTRODUÇÃO

A vitamina D tem participação importante no metabolismo ósseo, e é diretamente responsável pelo crescimento esquelético que dá suporte para que os suínos possam obter o seu máximo desempenho produtivo. A má-formação óssea é um dos fatores que dificultam a ingestão de alimento, prejudicando o ganho de peso destes animais.

Tem-se demonstrado que os leitões recém-desmamados possuem concentrações de 25-hidroxicalciferol ($25(\text{OH})\text{D}_3$) e 1,25-dihidroxicalciferol ($1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$) menores do que aquelas preconizadas para o adequado desenvolvimento ósseo (FLOHR et al, 2013). Sabe-se que o $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ é o metabólito mais potente que controla a absorção de cálcio e fósforo no intestino (LIPS, 2006). Assim, rações contendo níveis sub-ótimos de vitamina D_3 podem gerar alterações metabólicas e retardar o crescimento ósseo de leitões no período pós-desmame.

Ainda a descoberta de receptores de vitamina D (VDR) em células imunes (macrófagos, células dendríticas e linfócitos B e T) indica que existe uma relação entre os níveis séricos de $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ e a resposta imune inata e adquirida dos animais (BAEKE et al. 2010). Como observado por HEWISON (2012), as células imunológicas expressam enzimas que convertem $25(\text{OH})\text{D}_3$ a $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$. Portanto, os níveis dietéticos de vitamina D podem influenciar a resposta imune dos animais.

Logo, tem-se a demanda por alternativas para a suplementação de vitamina D_3 , o que propiciaria um melhor desenvolvimento ósseo aliado a uma resposta imune mais equilibrada. Isto acarretaria uma melhora no desempenho no período pós-desmame.

Funções metabólicas da vitamina D₃ no organismo animal

A vitamina D₃, por controlar o metabolismo do cálcio e do fósforo no organismo, influencia na mineralização óssea, tendo assim papel importante no desenvolvimento do esqueleto. A sua deficiência induz ao raquitismo e a outras desordens ósseas, como a osteomalácia e osteocondrose (FLOHR et al., 2013).

A influência da suplementação de vitamina D₃ sobre o desenvolvimento de osteocondrose em suínos castrados, de 6 a 110 kg de peso corporal, foi avaliada por SUGIYAMA et al. (2013). Os autores verificaram uma redução na incidência de lesões osteocondróticas quando os animais receberam 50 µg de 25(OH)D₃/kg de ração. A incidência de lesões foi evidenciada macroscopicamente examinando-se a cartilagem articular do úmero distal (32,4% vs 59,3%) e fêmur distal (47,1% vs 87,5%).

Outra importante função associada à vitamina D é o seu efeito positivo sobre integridade da mucosa intestinal. CHOU et al. (2009) estudaram o efeito da suplementação de 25(OH)D₃ sobre a morfologia do intestino delgado e resposta imune em frangos de corte. Duas rações experimentais foram utilizadas e o nível de vitamina D₃ avaliado foi de 3000 UI/kg de ração. A relação entre a altura de vilosidade e a profundidade de cripta foi maior no duodeno e no jejuno das aves alimentadas com 25(OH)D₃ aos 14, 21 e 28 dias de idade. Ainda observou-se um aumento deste parâmetro no íleo, dos 14 aos 35 dias de idade. Em um segundo experimento, realizado a partir inoculação de *Salmonella spp.* em aves recebendo as dietas descritas anteriormente, foi verificado uma tendência para o aumento de anticorpos circulantes nas aves alimentadas com rações contendo 25(OH)D₃ aos 21 dias de idade.

Ainda tem-se relacionado à concentração dietética de vitamina D₃ com a qualidade da carne, devido sua relação com o cálcio, que por sua vez atua na atividade várias enzimas proteolíticas no período *post mortem*. Por exemplo, SWANEK et al. (1999), ao avaliarem a influência da suplementação de vitamina D₃ sobre a maciez de músculos *Longissimus dorsi* em gado de corte, observaram que os animais alimentados com rações contendo vitamina D₃ apresentaram uma carne mais macia. Os pesquisadores concluíram que a vitamina D₃ pode ter alterado a atividade das calpaínas, favorecendo assim a proteólise muscular.

O fluxo de cálcio plasmático através da placenta aumenta drasticamente durante o último trimestre de gestação em mamíferos. Em ratos em gestação, 1,25(OH)₂D₃ é um fator crítico para a manutenção dos níveis plasmáticos de cálcio no sangue materno, sendo este transportado ao feto para o desenvolvimento do tecido ósseo. Ainda com a descoberta de receptores para a vitamina D₃ no tecido muscular e mioblastos em ratos, tem-se o indicativo que pode existir uma relação entre os níveis de 1,25(OH)₂D₃ no sangue materno e o desenvolvimento do tecido muscular esquelético no feto. De fato, HINES et al. (2013) observaram que a suplementação com 25(OH)D₃ nas rações fornecidas a matrizes suínas em gestação favoreceu a hiperplasia muscular fetal.

Absorção e controle hormonal da vitamina D₃

A vitamina D₃ é absorvida no trato intestinal, principalmente no íleo, em associação com gorduras, necessitando, portanto, da presença de sais biliares para sua absorção. Em mamíferos, esta vitamina é absorvida juntamente com outros lipídeos via quilomícrons no sistema linfático. Já em peixes e aves a absorção é realizada através do sistema porta-hepático.

No fígado, a vitamina D é convertida em 25-hidroxicoilecalciferol (25(OH)D₃) pela 25-hidroxilação catalisada pela enzima D-25 hidroxilase (CYP2R1). O 25(OH)D₃ é a forma predominante na circulação, sendo posteriormente transportado no sangue por proteínas ligantes de vitamina D (DBP) até os rins, para sofrer a 1-hidroxilação, catalisada pela enzima 25OHD-1 α -hidrolase (CYP27B1), produzindo-se o 1,25-diidroxicoilecalciferol (1,25(OH)₂D₃), que é a forma biologicamente ativa no organismo animal (CHRISTAKOS et al., 2010). Este composto é levado pelo sangue para os tecidos-alvos, como intestino delgado e ossos (HEWISON, 2012).

O fator de crescimento de fibroblasto 23 (FBF-23) inibe a expressão de co-transportadores de sódio e fosfato nas células renais tubulares proximais. Ainda o FBF-23 suprime a produção de 1,25(OH)₂D₃, através da inibição da enzima CYP27B1, ocasionada pela ativação da enzima vitamina D-24 hidrolase (CYP24A1) (JONES et al., 2008). Esta catalisa a reação que converte 1,25(OH)₂D₃ a ácido calcitrólico, um catabólito biliar da vitamina D₃.

Os baixos níveis séricos de cálcio e fósforo agem aumentando a liberação do hormônio da paratireoide (PTH), que por vez estimula a CYP27B1 nos rins, favorecendo assim a produção da forma ativa da vitamina (BAEKE et al., 2010). Uma das ações da vitamina D₃ é estimular a expressão de uma proteína ligadora de cálcio (calbindina) nos enterócitos, aumentando assim a captação deste nutriente nas rações.

Relações entre a vitamina D₃ e imunidade

Com a descoberta de receptores para a 1,25(OH)₂D₃ em células imunes, como linfócitos T CD4⁺ e CD8⁺, tem-se desenvolvido vários estudos com o intuito de avaliar a relação entre imunidade e níveis teciduais e séricos de vitamina D₃ (BAEKE et al., 2010). Diversos efeitos imunomoduladores desta vitamina foram descritos em humanos, estabelecendo-se a relação entre a deficiência vitamínica e doenças autoimunes, como esclerose múltipla, diabetes tipo I e doença de Crohn (HEWISON, 2012). Os linfócitos B e T podem metabolizar 25(OH)D₃ a 1,25(OH)₂D₃. Por outro lado, as células dendríticas e os macrófagos podem realizar as etapas de 1-25 e 25-hidroxilação da vitamina D₃ (MORA et al., 2008).

Estudos *in vitro* demonstraram que a vitamina D exerce um efeito inibitório sobre a imunidade adaptativa. Foram observados efeitos depressores sobre a proliferação de

células T (LEMIRE et al., 1984) e expressão de IL-2 e IFN- γ (MORA et al., 2008). CORREALE et al. (2010) também observaram ação anti-inflamatória da vitamina D₃ sobre pacientes com esclerose múltipla. Todavia KONOWALCHUK et al. (2013) relataram um aumento na concentração plasmática de leucócitos no plasma de leitões suplementados com 25(OH)D₃, no período pós-desmame. Estes mesmos autores demonstraram uma modulação positiva da vitamina D₃ sobre a viabilidade e capacidade fagocítica dos leucócitos do trato respiratório dos animais.

Fontes de suplementação de vitamina D₃

SOARES et al. (2005) citam que o 25(OH)D₃ é duas vezes mais potente que o colecalciferol, normalmente utilizado como fonte de vitamina D₃ em nutrição animal. Segundo este pesquisador, o 25(OH)D₃ maximiza a concentração de cálcio e fósforo no osso, não influenciando assim a incidência e a severidade de discondroplasia tibial. Ainda foi relatado que o 25(OH)D₃ é o metabólito com maior potencial de uso em substituição à vitamina D₃, visto que a forma propriamente ativa produzida industrialmente, o 1,25(OH)₂D₃, apresenta efeito tóxicos com pequenas doses de inclusão.

Sobre a toxidez do 25(OH)D₃, YARGER et al. (1995), verificaram que a concentração plasmática desse metabólito aumenta rapidamente em detrimento a outros tecidos (pele, peito e ossos). Problemas relacionados à calcificação renal ocorrem quando a suplementação na ração é 10 vezes superior à exigência nutricional (cerca de 690 μ g ou 27.600 UI/kg de ração). Os autores concluem que o 25(OH)D₃ é de 5 a 10 vezes mais tóxico que a vitamina D₃.

GARCIA et al. (2013) avaliaram a influência de diferentes fontes de vitamina D₃ sobre o desempenho e parâmetros de qualidade da carne em frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. Foi verificado que a utilização do metabólito 1 α (OH)D₃ promoveu menor ganho de peso e pior conversão alimentar em relação às fontes: D₃, 25(OH)D₃ e 1,25(OH)₂D₃. A luminosidade (L*) da carne de peito aos 15 minutos *post mortem* foi maior nas aves alimentadas com 1,25(OH)₂D₃ do que àquelas alimentadas com vitamina D₃. A intensidade do índice de vermelho (a*) aos 15 minutos *post mortem* foi superior para 25(OH)D₃ em relação à vitamina D₃.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da vitamina D3 e seus metabólitos é uma realidade na suinocultura, principalmente no intuito de melhorar o desempenho, sistema imune e qualidade óssea desses animais de forma que a administração desses metabólitos ocorra de maneira “on top”, ou seja, além da exigência de vitamina D3 para as funções basais já contida nos suplementos mineral e vitamínicos utilizados.

REFERÊNCIAS

BAEKE, F.; TAKIISHI, T.; KORF, H.; GYSEMANS, C.; MATHIEU, C. Vitamin D: modulator of the immune system. *Current Opinion in Pharmacology*, v.10, p.482-496, 2010.

CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hydroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.88, p.2333-2341, 2009.

CHRISTAKOS, S.; ALIJABE, D. V.; DHAWAN, P.; FECHNER, A. J.; MADY, L. J. Vitamin D: metabolism. **Endocrinol Metab Clin North Am**, v.39, p.243-253, 2010.

CORREALE, J.; YSRRAELIT, M. C.; GAITÀN, M. I. Immunomodulatory aspects of vitamin D in multiple sclerosis. *Revista Neurologica Argentina*, v.2, p.82-94, 2009.

FLOHR, J.R.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; DEROUCHÉY, J. M.; GOODBAND, R. D.; NELSSSEN, J. L.; HENRY, S. C.; TOKACH, L. M.; POTTER, M. L.; GOFF, J. P.; KOSZEWKI, N. J.; HORST, R. L.; HANSEN, E. L.; FRUGE, E. D. The effects of orally supplemented vitamin D3 on serum 25(OH)D3 concentrations and growth of pre-weaning and nursery pigs. *Nursery Nutrition and Management*, 2013.

GARCIA, A. F. Q. M.; MURAKAMI, A. E.; DUARTE, C. R. A.; ROJAS, I. C. O.; PICOLI, K. P.; PUZOTTI, M. M. Use of vitamin D3 and its metabolites in broiler chicken feed on performance, bone parameters and meat quality. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, v.26, p.408-415, 2013.

HEWISON, M. Vitamin D and immune function: from pregnancy to adolescence. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.71, p. 50-61, 2012.

HINES E.A.; COFFEY J.D.; STARKEY C.W.; CHUNG T.K.; STARKEY J.D. Improvement of maternal vitamin D status with 25- hydroxycholecalciferol positively impacts porcine fetal skeletal muscle development and myoblast activity. *Journal of Animal Science*, v.91, p.4116-4122, 2013.

JONES, B. J.; TWOMEY, P. J. Issues with vitamin D in routine clinical practice. **Rheumatology**, v.47, p.1267-1268, 2008.

KONOWALCHUK, J. D.; RIEGER, A. M.; KIEMELE, M. D.; AYRES, D. C.; BARREDA, D. R. Modulation of weanling pig cellular immunity in response to diet supplementation with 25-hydroxivitamin D3. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.155, p.57-66, 2013.

LEMIRE, J. M., ADAMS, J. S., SAKAI, R.; JORDAN, S. C. 1 α ,25-dihydroxyvitamin D3 suppresses proliferation and immunoglobulin production by normal human peripheral blood mononuclear cells. **Journal of Clinical Investigation**, v.74, p.657-661, 1984.

LIPS, P. Vitamin D physiology. **Progress in Biophysics and Molecular Biology**, v.92, p.4-8, 2006.

MORA, J. P.; IWATA, M.; VON ADRIAN, U. H. Vitamin effects on the immune system: vitamins A and D take centre stage. **Nature**, v.8, p. 685-698, 2008.

SOARES JÚNIOR, J. H.; KERR, J. M.; GRAY, R. W. 25-hydroxycholecalciferol in poultry nutrition. **Poultry Science**, v.74, p.1919-1934, 2005.

SUGIYAMA, T.; KUSUHARA, S.; CHUNG, T. K.; YONEKURA, H.; AZEM, E.; HAYAKAWA, T. Effects of 25-hydroxy-cholecalciferol on the development of osteochondrosis in swine. **Animal Science Journal**, v.84, p.341-349, 2013.

SWANEK S. S.; MORGAN, J. B.; OWENS, F. N.; GILL, D. R.; STRASIA, C. A.; DOLEZAL, H. G.; RAY, F. K. Vitamin D3 supplementation of beef steers increases longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*, v.77, p.874-881, 1999.

YARGER, J. G. ; QUARLES, C. L. ; HOLLIS, B. W. ; GRAY, R. W. Safety of 25- hydroxycholecalciferol in poultry rations. **Poultry Science**, v.74, n.9, p.1437-1446, 1995.

LEONARDO FRANÇA DA SILVA: Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Atualmente, é Doutor em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiência) pela Universidade Federal de Viçosa e membro colaborador do Núcleo de Pesquisa em Ambiência e Engenharia de Sistemas Agroindustriais - AMBIAGRO- UFV. Além de ser pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho e Engenharia de Produção. Possui experiência nas áreas de Engenharia agrícola, com ênfase em Engenharia de Construções Rurais, Desenvolvimento rural, Sustentabilidade em sistemas de produção (Agrícola / Animal), Segurança do trabalho e Ergonomia.

JÉSSICA MANSUR SIQUEIRA FURTADO: Zootecnista formada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado e doutorado em Zootecnia na área de nutrição e produção de animais monogástricos pela mesma instituição. Atualmente atua como professora substituta na UFV – Campus de Florestal, é coordenadora da Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão – Aves e Suínos da UFV e atua também como instrutora do Sistema FAEMG Senar Minas nas áreas de avicultura e suinocultura. Possui experiência em produção, nutrição e alimentação de aves e suínos, bioclimatologia, avicultura com foco em produção de ovos em sistemas alternativos, nutrição e alimentação de poedeiras e desenvolvimento sustentável da avicultura e suinocultura familiar

VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA: Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, especialista em Análise de Dados e Engenharia de Segurança do Trabalho, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é pesquisador de doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Estadual Paulista (UNESP), atuando na integração de novas tecnologias da informação no campo, atuando diretamente com processamento de imagem, estatística multivariada e modelos de inteligência artificial. Possui experiência internacional no desenvolvimento de projetos científicos e atua diretamente no desenvolvimento de pesquisas na área de Construções Rurais e Ambiência e Uso de Inteligência Artificial na Agricultura.

A

Ações ecológicas 53

Agricultura 37, 38, 51, 98, 99, 101, 103, 104, 105, 106, 122, 134, 136, 160

Agro-biodiversity 44

Agroforestry systems 44, 45, 49

Arborização 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 53, 63, 65

Arborização urbana 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13

Aterro sanitário 108, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 120, 121, 122

B

Baía de Laranjeiras 26, 28, 31, 33, 34, 35, 36, 38, 40

Baía de Paranaguá 28, 31, 33, 36, 37, 38

Bioinsumos 98, 99, 101, 103, 104, 105, 106, 107

Boas práticas 15, 17, 18, 24

C

Carga tributária 53, 55, 66

D

Derramamentos de petróleo 139, 150

Desempenho 97, 113, 115, 120, 153, 154, 157

Disposição final 88, 90, 96, 121

E

Educação ambiental 1, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 13, 58, 130

Educação básica 1

Estuário 26, 28, 34, 37, 39

ETA 88, 89, 91, 92, 93, 94, 96, 97

F

Florestas urbanas 3, 4

G

Governança 15, 16, 17, 23, 24, 25

I

Imunidade e nutrientes 154

IPTU 53, 54, 55, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68

L

Legislação ambiental 3, 139

Líquido percolado 108, 109, 110

Litoral do Paraná 26, 40, 42

Lodo 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 113, 114, 115, 116, 117, 119, 122

M

Manguezal 26

Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 10, 13, 15, 21, 24, 25, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 100, 101, 103, 105, 107, 109, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 130, 133, 134, 135, 138, 139, 141, 142, 144, 145, 146, 152

P

Poluição 15, 16, 26, 32, 34, 39, 58, 62, 69, 70, 72, 76, 89, 109, 125, 129, 130, 132, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 149

Poluição ambiental 69, 142

Produtos químicos 20, 76, 88, 89, 92, 93, 95, 96, 98, 99, 100, 102, 103

R

Resíduos 17, 21, 22, 38, 65, 69, 70, 72, 74, 76, 79, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 97, 105, 108, 109, 110, 113, 115, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 144

Responsabilidade social 15, 17, 18, 22

S

Saúde pública 31, 71, 74, 87, 109, 120, 139

Self-consumption 44

Sistêmico 123, 129, 133

Solo e água subterrânea 69, 80, 84, 86

Surdos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Sustentabilidade 8, 15, 16, 17, 22, 23, 24, 25, 26, 45, 53, 54, 55, 65, 66, 67, 68, 69, 84, 85, 87, 107, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 134, 135, 136, 139, 160

Sustentabilidade ambiental 15, 17, 23, 67, 130, 135

T

Tomadas de decisão 69

Tratamento 20, 63, 76, 78, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

Tratamentos aplicados 108, 110, 119

O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

DESAFIOS E SOLUÇÕES
PARA A SUSTENTABILIDADE

3

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

DESAFIOS E SOLUÇÕES
PARA A SUSTENTABILIDADE

3

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br