

Organizadores:  
Denis Medina Guedes  
Leonardo França da Silva  
Victor Crespo de Oliveira

# O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

## DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

Organizadores:  
Denis Medina Guedes  
Leonardo França da Silva  
Victor Crespo de Oliveira

# O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

## DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

<b>Editora chefe</b>	
Prof <sup>a</sup> Dr <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira	
<b>Editora executiva</b>	
Natalia Oliveira	
<b>Assistente editorial</b>	
Flávia Roberta Barão	
<b>Bibliotecária</b>	
Janaina Ramos	
<b>Projeto gráfico</b>	
Camila Alves de Cremo	2024 by Atena Editora
Ellen Andressa Kubisty	Copyright © Atena Editora
Luiza Alves Batista	Copyright do texto © 2024 Os autores
Nataly Evinil Gayde	Copyright da edição © 2024 Atena
Thamires Camili Gayde	Editora
<b>Imagens da capa</b>	Direitos para esta edição cedidos à
iStock	Atena Editora pelos autores.
<b>Edição de arte</b>	Open access publication by Atena
Luiza Alves Batista	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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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. Fáagner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girene 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Andria Norman  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadores:** Denis Medina Guedes  
Leonardo França da Silva  
Víctor Crespo de Oliveira

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade / Organizadores Denis Medina Guedes, Leonardo França da Silva, 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 978-65-258-2274-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.747243001>

1. Meio ambiente. I. Guedes, Denis Medina (Organizador). II. Silva, Leonardo França da (Organizador). III. Oliveira, Víctor Crespo de (Organizador). IV. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

## 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.

A proposta da obra “O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade” visa explorar uma variedade de temas relacionados à questão ambiental em seus 12 capítulos. Este e-book destaca a temática contemporânea da sustentabilidade, enfocando a influência direta do ser humano na responsabilidade e na formulação de estratégias para o desenvolvimento ambiental abrangente.

A obra abrange áreas como economia, tecnologia e desenvolvimento ambiental, integrando setores que se complementam e se entrelaçam na geração de conhecimento e literatura essenciais para o progresso da sociedade, com uma atenção especial à preservação dos recursos naturais e à promoção de técnicas de desenvolvimento sustentável.

A fluidez dos artigos apresentados contribui significativamente para o embasamento teórico de pesquisadores, estudantes e leitores interessados em temas cruciais para a humanidade, fornecendo consistência teórica e valor científico relevante.

Os impactos ambientais, o uso do solo e a educação são eixos temáticos abordados nesta obra, refletindo o compromisso dos autores com a veracidade científica, a disseminação do conhecimento e a consolidação de práticas que promovam o desenvolvimento sustentável com responsabilidade para com a sociedade.

Assim, “O meio ambiente em foco: desafios e soluções para a sustentabilidade” apresenta a fundamentação teórica embasada na prática dos autores deste e-book, sejam eles professores, acadêmicos ou pesquisadores, que dedicaram esforços significativos para desenvolver trabalhos apresentados de maneira concisa e didática. A importância desse espaço de divulgação científica ressalta o comprometimento e a solidez da Atena Editora, fornecendo uma plataforma confiável para que pesquisadores possam expor e divulgar seus resultados.

Boa leitura!

Denis Medina Guedes  
Leonardo França da Silva  
Víctor Crespo de Oliveira

<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
AQUAPONICS FOR FOOD PRODUCTION – A SUSTAINABLE VERTICAL GARDEN AT SCHOOL OF ENGINEERING OF PORTO	
Cátia A. Sousa	
Roque Brandão	
Abel J. Duarte	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430011">https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430011</a>	
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>12</b>
EFECTOS DE LA DEPREDACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL ESTADO DE ZACATECAS, 2010-2018	
Saúl Robles Soto	
Luis Humberto Ortiz Romero	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430012">https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430012</a>	
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>23</b>
EL ABORDAJE DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR. APORTES DESDE LA BIOÉTICA	
Sharon Aline Neira García	
Katya Montserrat Olivera Rubio	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430013">https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430013</a>	
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>35</b>
EL OSO ANDINO UN VECINO INCOMPRENDIDO	
José Onofa Guayasamin Biodiversidad	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430014">https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430014</a>	
<b>CAPÍTULO 5 .....</b>	<b>52</b>
CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS GERADOS EM INSTALAÇÕES DE CONFINAMENTO TIPO <i>COMPOST BARN</i>	
Victor Crespo de Oliveira	
Leonardo França da Silva	
Érika Manuela Gonçalves Lopes	
Ana Carolina Chaves Dourado	
Matheus Mendes Reis	
Bruna Nogueira Rezende	
Letícia Duron Cury	
Cássio Furtado Lima	
Fabiane de Fátima Maciel	
Silvana Ferreira Bicalho	
Ariadna Faria Vieira	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430015">https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430015</a>	
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>62</b>
ACIDENTES DE TRABALHO CAUSADOS POR MÁQUINAS AGRÍCOLAS:	

**REVISÃO**

Leonardo França da Silva  
Victor Crespo de Oliveira  
Ana Carolina Chaves Dourado  
Letícia Duron Cury  
Cássio Furtado Lima  
Érika Manuela Gonçalves Lopes  
Marcos Antônio Pereira da Fonseca Maltez  
Matheus Mendes Reis  
Fabiane de Fátima Maciel  
Denis Medina Guedes  
Ariadna Faria Vieira  
Silvana Ferreira Bicalho  
Irene Menegali

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430016>

**CAPÍTULO 7 ..... 73****MAPEAMENTO E SELEÇÃO DE INDICADORES DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO SOCIODEMOGRÁFICO DA AMAZÔNIA**

Maria Fernanda Coghi  
Duarcides Ferreira Mariosa  
Orandi Mina Falsarella

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430017>

**CAPÍTULO 8 ..... 79****EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CORRELAÇÃO DOS ODS COM SOCIEDADE, NATUREZA E CULTURA**

Sérgio Marques Costa  
Mozer Teixeira de Castro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430018>

**CAPÍTULO 9 ..... 84****RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ABATEDOURO**

Francisco Xirlean Xavier Alves  
Nélia Dalúvia Rafael Cambanhane  
Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7472430019>

**CAPÍTULO 10 ..... 103****EROSÃO DO SOLO E URBANIZAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL. ESTUDO DE CASO DA VOÇOROCA NA RODOVIA DF-250**

Paula Emanoela Silva Almeida  
Geraldo Jacinto da Silva Filho  
Mozer Teixeira de Castro  
Marcelo Rodrigues Alves  
Paulo Antonio da Silva

Sérgio Marques Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.74724300110>

**CAPÍTULO 11 ..... 118**

PROPOSTA DE DIMENSINAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO  
PARA ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA

Jacob Santana de Lima Neto

Thamires Franco da Conceição

Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.74724300111>

**CAPÍTULO 12 ..... 140**

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BACTERICIDA DA ARARUTA E SUA  
VIABILIDADE COMO ALTERNATIVA PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUA PARA  
ABASTECIMENTO

Leonardo Machado

Ana Paula Milla dos Santos Senhuk

Ana Carolina Borella Marfil Anhê

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.74724300112>

**SOBRE OS ORGANIZADORES ..... 147**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 148**

# CAPÍTULO 1

## AQUAPONICS FOR FOOD PRODUCTION – A SUSTAINABLE VERTICAL GARDEN AT SCHOOL OF ENGINEERING OF PORTO

---

*Data de submissão: 18/01/2024*

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Cátia A. Sousa**

ISEP/P.PORTO, School of Engineering,  
Polytechnic of Porto, Porto, Portugal  
ALiCE - Associate Laboratory in Chemical  
Engineering, Faculty of Engineering,  
University of Porto, Porto, Portugal  
LEPABE - Laboratory for Process  
Engineering, Environment, Biotechnology  
and Energy, Faculty of Engineering,  
University of Porto, Porto, Portugal  
Department of Chemical Engineering, ISEP,  
Polytechnic Institute of Porto, Porto, Portugal.

ORCID ID: 0000-0003-3719-4454

### **Roque Brandão**

ISEP/P.PORTO, School of Engineering,  
Polytechnic of Porto, Porto, Portugal  
ORCID ID: 0000-0002-1121-4878

### **Abel J. Duarte**

ISEP/P.PORTO, School of Engineering,  
Polytechnic of Porto, Porto, Portugal  
CIETI, School of Engineering, Polytechnic  
of Porto, Porto, Portugal  
REQUIMTE/LAQV, School of Engineering,  
Polytechnic of Porto, Porto, Portugal  
Department of Chemical Engineering,  
ISEP, Polytechnic Institute of Porto,  
Porto, Portugal.  
ORCID ID: 0000-0003-0218-1952

**ABSTRACT;** The greatest increase in the worldwide human population will rise concerns about the sustainability of cities and soils, climatic changes and food access or security. Furthermore, in the present day, many urban areas around the world are grappling with challenges related to their food supply infrastructure. Urban agriculture can play a crucial role for impoverished households by enhancing food security and generating income. Nevertheless, traditional agriculture contributes to soil erosion and soil and groundwater pollution. Additionally, climate change disrupts animal life cycles and leads to species extinction, significantly reducing the availability of food for humans and other organisms. For this reason, aquaponics holds promise as a method for integrating urban agriculture for plant cultivation and safe fish production. This project aims to develop and install an optimized aquaponics system at the School of Engineering, Polytechnic of Porto (ISEP). This vertical garden was created using two tanks with circa 2,000 liters of water for fish and spans three floors, featuring three flower boxes and over 120 positions for growing vegetables. Furthermore, in conjunction with this project, pedagogical activities were developed, involving students

from various ISEP courses, including Bioresources, Chemical Engineering, Biomedical Engineering, Electrical and Computer Engineering, Mechanical Engineering, and Informatics Engineering. This project highlights a successful implementation of a soil-less vertical garden in urban buildings, embraced by ISEP, enabling the complete integration of nature into urban environments and promoting greener and more sustainable cities.

**KEYWORDS:** Aquaponics, sustainability, food production, food safety, urban agriculture

## AQUAPONIA PARA PRODUÇÃO ALIMENTAR – UM JARDIM VERTICAL SUSTENTÁVEL NO INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

**RESUMO:** O maior aumento na população humana em todo o mundo levantará preocupações sobre a sustentabilidade das cidades e solos, mudanças climáticas e ao acesso ou segurança alimentar. Além disso, nos dias de hoje, muitas áreas urbanas ao redor do mundo estão a lidar com desafios relacionados à infraestrutura de abastecimento de alimentos. A agricultura urbana pode desempenhar um papel crucial para famílias empobrecidas, aumentando a segurança alimentar e gerando rendimento. No entanto, a agricultura tradicional contribui para a erosão dos solos e para a poluição dos mesmos e das águas subterrâneas. Além disso, as mudanças climáticas perturbam os ciclos de vida dos animais e levam à extinção de espécies, reduzindo significativamente a disponibilidade de alimentos para os humanos e outros organismos. Por esse motivo, a aquaponia surgiu como um método promissor para integrar a agricultura urbana no cultivo de plantas e na produção segura de peixes. Este trabalho visa desenvolver e instalar um sistema de aquaponia otimizado no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Este jardim vertical foi criado usando dois tanques com cerca de 2.000 litros de água para peixes e abrange três pisos, apresentando três canteiros de flores e mais de 120 posições para o cultivo de vegetais. Além disso, em conjunto com este projeto, foram desenvolvidas atividades pedagógicas envolvendo estudantes de diversos cursos do ISEP, incluindo Biorrecursos, Engenharia Química, Engenharia Biomédica, Engenharia Eletrotécnica e de Computação, Engenharia Mecânica e Engenharia Informática. Este projeto destaca uma implementação bem-sucedida de um jardim vertical sem solo em edifícios urbanos, abraçado pelo ISEP, possibilitando a completa integração da natureza em ambientes urbanos e promovendo cidades mais verdes e sustentáveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquaponia, sustentabilidade, produção de alimentos, segurança alimentar, agricultura urbana

## 1 | INTRODUCTION

Nowadays, more than half of the global population is living in urban areas. By 2050, an increase in the urban population is expected and estimated to reach 6.5 billion people, equal to two-thirds of humanity (ALVERIO *et al.*, 2023). The rapid growth of cities in the developing world is accompanied by increasing rural-urban migration and climatic changes, which lead to species extinction (SIMKIN *et al.*, 2022). Furthermore, an extreme poverty is currently concentrated in urban cities, leading to problems associated with the city governments struggle to accommodate the rising population in these areas. Ensuring the safety and sustainability of cities requires investment in creating green public spaces and

improving urban management (SIMKIN *et al.*, 2022). To achieve a sustainable development demands significantly transforming the way we build and manage our urban spaces. Creating sustainable cities is one of the 17 global goals outlined in the 2030 Agenda for Sustainable Development, specifically Goal 11 (“Sustainable cities and communities”) (UN, 2023). Furthermore, world overpopulation raises concerns about food scarcity and food safety for the entire population, aligning with Goal 2 (“End hunger, achieve food security and improved nutrition, and promote sustainable agriculture”) of the 2030 Agenda for Sustainable Development (UN, 2023). For that reason, the production of food in urban areas is progressively recognized as a potential strategy to meet at least part of the shift in food demands from rural and urban areas, indorsing a sustainable agriculture (ALVES, & OLIVEIRA, 2022; RIAÑO-HERRERA *et al.*, 2023). Indeed, in developed countries, urban agriculture can be a crucial strategy for low-income households, contributing to food security and income generation (KUTIWA *et al.*, 2010). An integrated approach is crucial for progress across these multiple goals and concerns. Accordingly, the practice of producing vegetables on green roofs has been gaining attention in recent years as a method to facilitate agricultural and cities sustainability in urban areas (SHUKLA *et al.*, 2021; SONG *et al.*, 2022). Rooftop gardens are becoming an important part of the recent rejuvenation of urban agriculture, and offers alternative spaces to grow vegetable products for urban markets (SIMONE *et al.*, 2023). On the other hand, plant production occupies vast regions of the surface of the Earth and have a strong negative impact on the environment by inducing soil erosion or polluting the soil and groundwater by the use of pesticides, fertilizers (RADULOV, & BERBECEA, 2023). Additionally, climatic changes are interfering with the animal life cycle, causing species extinction and dramatically reducing the availability of food for humans and other species (SIMKIN *et al.*, 2022). To overcome the cultivation and food problems, in urban agriculture, aquaponics can be a promisor method for plants cultivation and fish production simultaneously (FAO, 2016). In fact, aquaponics is a growing commercial and scientific technology which uses aquaculture effluent to grow plants and fish, offering a solution to several sustainability issues, such as limited water availability, environmental pollution, increasing fertilizer cost and depletion of fertile soils (CALONE, & ORSINI, 2022). Some authors (DANNER *et al.*, 2019; KÖNIG *et al.*, 2018; KRASTANOVA *et al.*, 2022; MAO *et al.*, 2023) give a broad perspective on the aquaponics technology and conclude that these systems can be sustainably managed only with a thorough knowledge of plant components and types. Usually, leafy vegetables have been the preferred crop to grow in aquaponic systems, as they grow well in nitrogen concentrated water, have a short growing period, do not have high nutrient requirements and there is generally a high demand for them globally (DANNER *et al.*, 2019). This approach offers an eco-friendly location for food production, benefiting both residents and external markets. Globally, in 2022, the global aquaponics systems market reached \$870 million (TAHA *et al.*, 2022). As a result, various countries are striving to implement these systems to efficiently produce food. In Portugal, a

few companies with the help of universities are also implemented these systems. In Porto, School of Engineering, Polytechnic of Porto (ISEP) also supported the implementation of an aquaponics system in one of its buildings. As such, this work aims to develop an aquaponic system at pilot scale to produce leafy vegetables and fish, in ISEP. Moreover, this aquaponic system was used for educational purposes, through different pedagogical activities, involving students from various ISEP courses, such as Bioresources, Chemical Engineering, Biomedical Engineering, Electrical and Computer Engineering, Mechanical Engineering, and Informatics Engineering.

## 2 | METHODOLOGY

### 2.1 Implementation of an aquaponic system

The aquaponic system was built in ISEP, in line with ISEP's sustainability policy, using two tanks with around 2,000 liters of water. The entire system was built at ISEP and consists of two tanks installed on the outside of the building, protected from direct sunlight. These tanks are connected to each other, and one of them houses the fish, where the water circulating in the system returns by gravity in a cascade, thereby promoting its oxygenation. The connection between the tanks allows the water to circulate to the 2nd tank, where the pump sends the water directly to the 5th floor. On the 3rd, 4th, and 5th floors, there are three flowerbed systems, each consisting of typical hydroponic tubes and, below them, a flowerbed running the full length of the window where it is installed (Figure 1). The flowerbeds are filled with expanded clay. Beneath the clay, decomposing microorganisms (or biofilm) are installed. When water reaches these setups, it enters the hydroponic tubes and cascades into the flowerbed. After passing along this flowerbed, it falls into the flowerbed assembly on the 4th floor. After making this journey on the 4th floor, it moves to the 3rd floor, and finally returns to the tank where the fish are located. The hydroponic tubes have more than 100 positions for growing vegetables, and various ornamental plants are planted on the expanded clay in the flowerbeds. This circulation system operates continuously to allow the flowerbeds to be flooded and drained.



Figure 1. Aquaponic system at ISEP on the 3rd, 4th, and 5th floors (photo by Jaime Neto).

## 2.2 Pedagogical activities with aquaponics

The first prototype of the aquaponics system appeared a few years earlier in a project from the European Project Semester - EPS course, but it was only in 2019 that a large-scale installation was carried out. The ISEP Student Association issued a challenge to its entire student community to form a group of volunteers to assist in the construction, startup, and maintenance of the system. Student involvement, therefore, began and continues on a voluntary basis. In the first year, 10 volunteer students from the Bioresources program and the Engineering programs in Chemical, Biomedical, Electrical, Computer, Mechanical, and Computer Science participated. In the following academic year, two students from the Master's program in Biomedical Engineering developed a sensor data acquisition system for physical and chemical characteristics as part of their dissertations. Additionally, a student from the Bachelor's program in Bioresources conducted their internship. The project also saw the participation of students from the Bachelor's programs in Bioresources and Electrical and Computer Engineering, as well as students from the Master's programs in

Mechanical Engineering and Computer Engineering, in maintaining the system throughout the academic year 2020/2021. Currently, there are 6 volunteer students from the fields of Chemical Engineering, Bioresources, and Biomedical Engineering who ensure its maintenance.

### 3 | VERTICAL GARDEN AT ISEP

The aquaponic system was seamlessly integrated into an ISEP building, without reducing the existing space or changing the building structure. It made the surroundings more pleasant with natural elements, becoming a constant point of interest for the ISEP community (Figure 2).



Figure 2. Aquaponic system integration in ISEP building (photo by Jaime Neto).

It primarily produces lettuce (Figure 3), which is the least nutritionally demanding plant, and it has produced several hundred heads over the course of 3 years of operation.



Figure 3. Lettuce production at ISEP (photo by Jaime Neto).

Other plants were tested, such as zucchinis, chili peppers, passion fruit, bell peppers, tomatoes, and cabbages, but these plants exhibited excessive growth for the space in which the system is integrated (Figure 4A and B). In terms of ornamental plants, there are “peace lilies,” begonias, aspidistras, pothos, and prayer plants that provide a typical beauty of permanent decoration. Dealing with the fish has been more challenging (Figure C), but it has hosted a community of 5 wild carps that, as they grew, were donated for breeding.

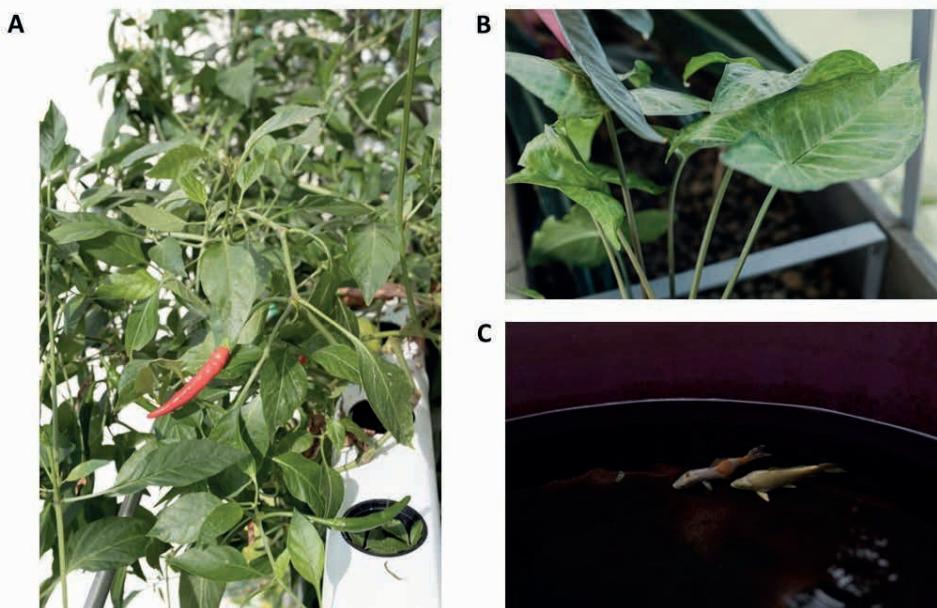


Figure 4. Other plants tested in aquaponic system. A - Chili peppers; B - Pothos (*Syngonium angustatum*); C – Tank for fish (photos by Jaime Neto).

The participation of students is important due to the high number of maintenance

activities throughout the year, such as cleaning or inspecting the proper functioning of the water circuit. Students acquire skills in measuring physical-chemical properties and, gradually, they become involved in research activities related to the development of methods to automate the tests that are still being conducted. Students acquire skills in measuring physical-chemical properties, and over time, they become increasingly involved in research activities aimed at developing methods for automating the tests that are still ongoing. For instance, the volunteers monitor several physical and chemical properties, such as nitrates, phosphates, alkalinity, pH value, iron, and hardness, using traditional methods of analytical chemistry. Simultaneously, a system for collecting physical characteristics was constructed, including the temperature at various locations within the installation (Figure 5A), ambient humidity, luminosity (Figure 5B), circulation flow rates, the height of the fish tank levels, and a security system in the flowerbeds to prevent flooding. This system was developed by a Biomedical Engineering master's student and has been continuously acquiring data and storing information for over half a year.

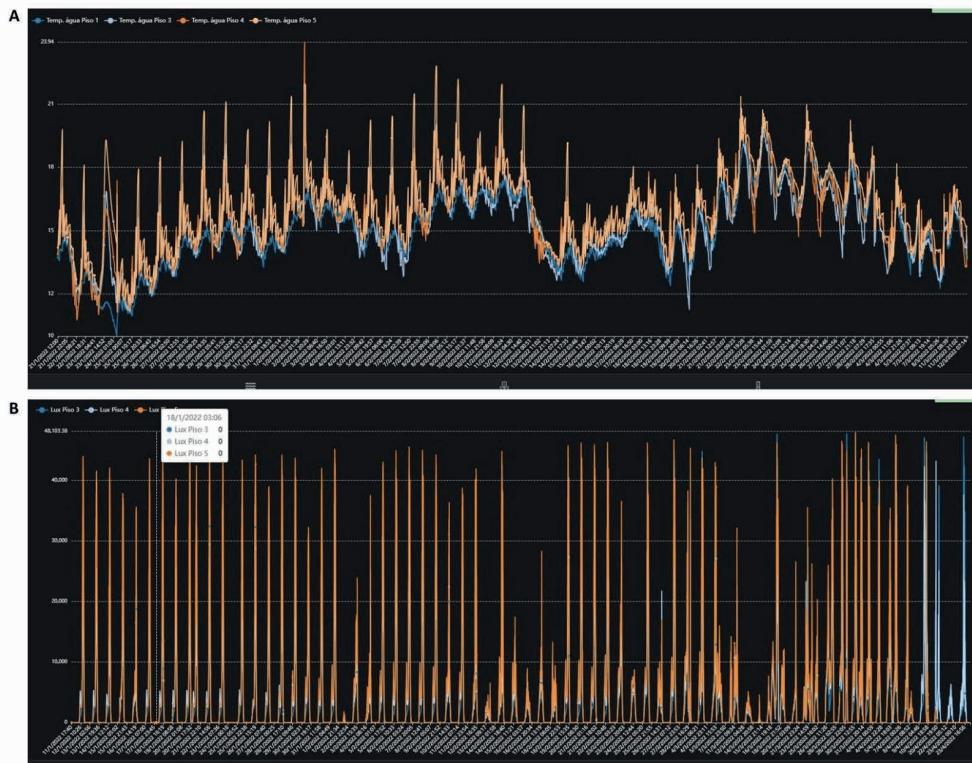


Figure 5. Aquaponic system monitorization over timer. A - Temperature; B - Luminosity.

## 4 | DISCUSSION

Aquaponics is a sustainable practice that combines fish farming, known as

aquaculture, with soilless plant production, or hydroponics (MAO *et al.*, 2023). It operates on a closed-loop recirculation system, with the only water consumption being that lost through evapotranspiration. Nutrients circulate within the system in a cyclic manner, starting from their input in the form of fish feed and ending with their output as waste. The fish waste is initially decomposed by a biofilm reactor, typically in sand beds, and eventually absorbed by the plants. External inputs to the system's operation include the electricity needed to power the water circulation circuit (the current electric pump consumes less than €300 worth of electricity per year) and to operate the monitoring system, which has negligible power consumption compared to the submersible pump. Assuming there are no power failures, the system operates with minimal supervision. If hydroponic tube planting is maximized, with a one-month occupancy per plant site, it can produce approximately 12,000 lettuces per year. The lettuce produced through aquaponics exhibits equal or superior quality compared to lettuce produced through organic methods or even syntropic agriculture.

## 5 | CONCLUSIONS

The aquaponics system is easily replicable by individuals interested in having a garden but lacking land. It's a low-cost system that enables the cultivation of various types of vegetables for personal consumption. The aquaponics system implemented at ISEP is demonstrative. In fact, the system utilizes affordable materials and DIY solutions tailored to the installation locations. This approach enables us to accomplish the following: i) establish a productive installation – ensuring safe, high-quality production, close proximity to consumption, and eliminating the need for product distribution channels; ii) enhance people's well-being through their interaction with nature; and iii) engage in a mental exercise in harmony with nature, providing relaxation, stress relief, and moments of introspection.

On the other hand, although it supports fish and plants, the goal is to promote the technology of sustainable soilless fish farming and plant cultivation. The system finds its greatest utility in research, introducing innovation at the unit process level without disrupting the harmony of the symbiotic system, thus making the system much more productive. ISEP is committed to instilling values and principles in its students, acting as a catalyst for change and transformation in society. As an influencer of young minds in formation, ISEP plays a crucial role in spreading best practices in sustainability that can guide students in their future lives. Students' involvement in the design and implementation of this system was vital to its success, fostering student interaction with practical experience and research, promoting interdisciplinary teamwork, and enhancing academic achievement.

## FUNDING

The aquaponics system was financed by the Instituto Superior de Engenharia do

Porto, ISEP.

This work was supported by multi-year funding of European Union (FEDER funds through Compete) and National Funds (FCT/MCTES) through Project UID/QUI/50006/2019, UIDB/04730/2020 and UIDP/04730/2020.

## COMPETING INTERESTS

The authors have no relevant financial or non-financial interests to disclose.

## REFERENCES

ALVERIO, G. N., SOWERS, J., & WEINTHA, E. **Displaced to cities: conflict, climate change and rural-to-urban migration.** United States Institute of Peace: Peaceworks, 2023. 978-1-60127-916-3.

ALVES, D. O., & OLIVEIRA, L. **Commercial urban agriculture: a review for sustainable development.** Sustain. Cities Soc., 87, p. 104185, 2022.

CALONE, R., & ORSINI, F. **Aquaponics: a promising tool for environmentally friendly farming.** Front. Young Minds, 10, p. 707801, 2022.

DANNER, R. I. *et al.* **Designing aquaponic production systems towards integration into greenhouse farming.** Water, 11, n. 10, p. 2123, 2019.

FAO. **Implementing aquaponics in the Gaza Strip.** FAO Aquaculture. 2016.

KÖNIG, B. *et al.* **Analysis of aquaponics as an emerging technological innovation system.** J. Cleaner Prod., 180, p. 232-243, 2018.

KRASTANOVA, M. *et al.* **Aquaponic systems: biological and technological parameters.** Biotechnol. Biotechnol. Equip., 36, n. 1, p. 305-316, 2022.

KUTIWA, S., BOON, E., & DEVUYST, D. **Urban agriculture in low income households of harare: an adaptive response to economic crisis.** J. Human Ecol., 32, n. 2, p. 85-96, 2010.

MAO, H. *et al.* **Influences of aquaponics system on growth performance, antioxidant parameters, stress parameters and gene expression of *Carassius auratus*.** Fishes, 8, n. 7, p. 360, 2023.

RADULOV, I., & BERBECEA, A. Role of soil health in mitigating climate change. *In:* KUMAR, V. (Ed.). **Global warming - a concerning component of climate change:** Intechopen, 2023.

RIAÑO-HERRERA, D. A. *et al.* **Driving sustainable urban development: exploring the role of small-scale organic urban agriculture in Bogotá, Colombia: a case study.** Sustain. Cities Soc., 99, p. 104919, 2023.

SHUKLA, K., MISHRA, R., & SARKAR, P. **Understanding soilless engineered soil as a sustainable growing material for food production in a green roof.** Mater. Today: Proc., 43, n. 5, p. 3054-3060, 2021.

SIMKIN, R. D. *et al.* **Biodiversity impacts and conservation implications of urban land expansion projected to 2050.** Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 119, n. 12, p. e2117297119, 2022.

SIMONE, M. D. *et al.* **A large share of Berlin's vegetable consumption can be produced within the city.** Sustain. Cities Soc., 91, p. 104362, 2023.

SONG, S. *et al.* **Home gardening in Singapore: a feasibility study on the utilization of the vertical space of retrofitted high-rise public housing apartment buildings to increase urban vegetable self-sufficiency.** Urban For. Urban Green., 78, p. 127755, 2022.

TAHA, M. F. *et al.* **Recent advances of smart systems and internet of things (IoT) for aquaponics automation: a comprehensive overview.** Chemosensors, 10, p. 303, 2022.

UN. **Sustainable development goals.** 2023. Acesso em: 18 September.

## CAPÍTULO 2

# EFFECTOS DE LA DEPREDACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES EN EL ESTADO DE ZACATECAS, 2010-2018

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Saúl Robles Soto**

Docente-Investigador de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

### **Luis Humberto Ortiz Romero**

Docente-Investigador de la Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

**RESUMEN:** En México se han desarrollado los mayores proyectos mineros provenientes de capitales extranjeros, aunque también debemos decir que se tiene un capital nacional de los hombres más ricos del país *mexicano*.<sup>1</sup> Dichos proyectos mineros materializados en grandes obras en todo lo largo y ancho del territorio, han afectado de sobremanera los intereses de la población asentada en lugares que antaño tenían cierta protección por parte de las autoridades gubernamentales. Sin embargo, a partir del año 2000, con la apertura indiscriminada a las grandes empresas mineras, los efectos nocivos para los nativos del lugar se han visto muy afectados. Se destacarán ejemplos recientes de la afectación de una industria que ha sido apoyada en grado muy importante por las autoridades gubernamentales, pasando por encima de

los integrantes de las comunidades donde se instalan constantemente explotaciones mineras. Debemos hacer notar que el trabajo es una investigación directa de aspectos significativos en el estado de Zacatecas, la cual ha sido afectado como entidad por la llegada en masa de mineras extranjeras y nacionales que más que nada buscan el beneficio económico. En espera de que este trabajo sea de utilidad para los agentes económicos involucrados en el tema, buscando revertir en la medida de lo posible la realidad que se vive en México y Zacatecas con la industria minera de los últimos años, no nos resta más que seguir insistiendo que la minería no puede ser beneficiosa solamente para un segmento muy reducido de la sociedad, sino que puede coexistir sin afectar los intereses arraigados de una población que se resiste heroicamente a la llegada en masa de empresas mineras de gran calado.

**PALABRAS CLAVE:** minería, Zacatecas, México, depredación

---

<sup>1</sup> Como es el caso de Carlos Slim, el sexto más rico del mundo (año 2018).

## 1 | ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA MINERÍA EN MÉXICO Y ZACATECAS.

El descubrimiento más importante de vetas de plata en la Nueva España fue en el año de 1546, cuando el español Juan de Tolosa y su grupo llegó a las faldas del cerro de la Bufa, territorio habitado por los zacatecos.

En el año de 1550, otro español, Vázquez de Mercado toma posesión del noroeste zacatecano, encontrando ricos veneros en Ranchos, Chalchihuites, San Martín, Sombrerete y Avino. Posteriormente se integra a estos colonizadores Francisco de Ibarra.

Se obtienen durante los años señalados grandes cantidades de plata pura, empleando para ello un complejo y costoso proceso de producción.

La última década del siglo XVIII tuvo gran escasez de capital, lo que se sumó mayores sumas de dinero para explotar las minas a mayores profundidades con métodos tradicionales que empezaron a minar la actividad minera del estado de Zacatecas.

Hasta este período se habían explotado las minas en base a la propiedad individual, pero ante la falta de capital y mayores inversiones que requería la actividad minera, se optó por un esquema organizativo innovador: el formar compañías de inversión donde participaban socios a través de la compra de acciones.

Esta nueva forma organizativa provocó modificaciones sustanciales en la actividad minera de la región zacatecana, siendo la principal la enorme concentración en pocas manos de los medios de producción en un grupo muy reducido de mineros, principalmente españoles y el gran debilitamiento de los pequeños mineros nativos de Zacatecas, los cuales eran eminentemente criollos.

La explotación de minas se ha continuado hasta la fecha con la modalidad que ahora los grandes proyectos están en pocas manos, sobresaliendo el capital extranjero, principalmente canadiense.<sup>2</sup>

La actividad minera en México y Zacatecas ha sido muy importante, representa la quinta mayor fuente de divisas para el país, solamente superada por la industria automotriz, la eléctrica, el petróleo y el turismo.

México sigue siendo líder en la producción de plata y está dentro del ranking de los 10 principales productores de 18 clase de metales, asimismo el 70% de la superficie del país tiene algún grado de desarrollo geológico con grandes potencialidades, lo que lo hace muy atractivo para las grandes empresas mineras.

## 2 | REALIDAD DE LA MINERÍA EN ZACATECAS

Según datos del INEGI, para el año 2018, la producción de plomo, azufre, plata, cobre y la de coque en el estado de Zacatecas disminuyó con respecto al año 2017 (datos del mes de febrero del 2018).

---

<sup>2</sup> Sobre todo, con la minera Goldcorp.

Sin embargo, aumentó la producción de yeso, carbón no coquizable, oro, zinc, fluorita y la de pellets de fierro, para el mismo período ya señalado líneas arriba.

En lo referente a plata, el decrecimiento para el año 2018 fue del 5.5 por ciento, ya que para el mes de febrero del 2017, la producción fue de 181 mil 838 kilogramos, mientras que para febrero del 2018, la producción fue de 171 mil 903 kilogramos.

Es necesario resaltar que, a pesar de esta disminución anual de plata, el estado de Zacatecas se sigue ubicando como primer productor de plata en el país.

En lo que respecta a la producción de oro, ésta fue de una tonelada 721 kilogramos en febrero del 2017 y para el mismo mes pero del año 2018, la producción aumentó hasta una tonelada 859 kilogramos, un aumento del 2.4% con respecto de un año a otro.

**Producir un gramo de oro requiere 380 litros de agua, 850 gramos de cianuro y la electricidad que consume un hogar en una semana, así como dinamitar y extraer hasta cuatro toneladas de rocas.**

Para la producción de oro, el estado de Zacatecas se ubica en el segundo lugar nacional, solamente superado por el estado de Sonora.

Para el caso de cobre hubo un crecimiento de 6.6 por ciento en el año 2018 con respecto al año 2017 en el mes de febrero, conservando la entidad zacatecana con ello, el segundo lugar a nivel nacional.

El salario que obtiene el sector minero en el estado de Zacatecas oscila entre los más altos del país, solamente superado en el mes de abril del 2018 por el estado de Durango.<sup>3</sup>

En su comparación anual, el salario promedio en el sector en Durango es de 204 mil 140 pesos, que equivalen a alrededor de 567 pesos por día, mientras en Zacatecas fue de 199 mil 90 pesos al año, es decir, aproximadamente 553 pesos por día.

Este dato es muy representativo, dado que el salario de los mineros en el estado es 50% más alto que el del promedio de los trabajadores afiliados al IMSS, los cuales obtienen en promedio un salario de 234 pesos al día en el mes de abril del año 2018.

En base a indicadores del LEA, para el 23 de abril del 2018, en el sector minero para el estado de Zacatecas había un total de 14 mil 485 trabajadores asegurados en el IMSS.

Realizando un compendio en lo referente al número de trabajadores ubicados en la industria minera del estado de Zacatecas y multiplicándolo por el salario promedio que reciben dichos trabajadores, nos dan un gran total de 8'010,205 pesos al día que pagan las compañías mineras (debemos hacer notar que no están considerados los beneficios vía prestaciones que por ley y de acuerdo a sus sindicatos obtienen los mineros cada año).

Si multiplicamos la cifra obtenida por día que reciben en promedio los mineros en el estado de Zacatecas, nos darán una cantidad anual de 2,883'673,800 pesos. Al convertir el monto anterior en dólares a una tasa de 18 pesos por dólar, la cifra se traducirá en 160'204,100 dólares.

---

<sup>3</sup> INEGI, censos económicos, 2018, México.

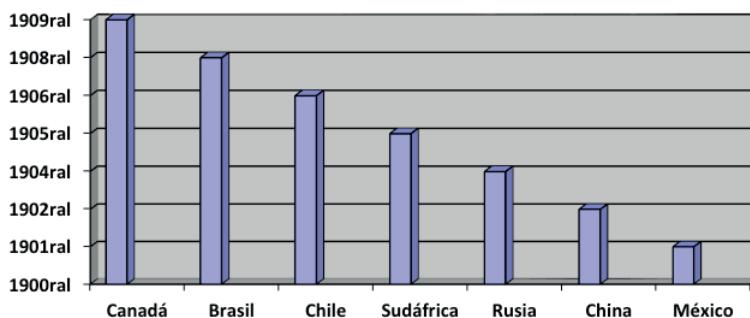
Al comparar la última cantidad de dólares pagada por las empresas mineras como sueldo a sus trabajadores, nos dará una enorme desproporción, 4,210 millones de dólares es la utilidad que obtienen las mineras en el estado de Zacatecas por año, que al convertirlas en pesos a una paridad de 18 pesos por dólar nos proporcionan 75'780,000,000 millones de pesos.

Descontando el salario de los trabajadores a los ingresos obtenidas por las grandes empresas mineras, el resultado es sumamente contrastante, pagan solamente 2,883'673,800 pesos al año y reciben 75,780'000,000 millones de pesos, quedando una cantidad de 72,896'326,200 millones de pesos al año.

Es necesario aclarar que en la última cifra restarían los impuestos y demás costos anuales que tienen las grandes empresas mineras, aunque debemos decir que no variaría gran cosa.

Como ejemplo de ello, tenemos el traído y llevado impuesto minero que se pretendió cobrar en el estado de Zacatecas y que fue denegado por la federación a instancias del mismo presidente EPN que fue presionado por los consorcios mineros tanto extranjeros como nacionales, el monto para el estado de este impuesto equivalía a solamente 1,400 millones de pesos, una pisca si las contrastamos con los enormes beneficios que obtienen.

Volviendo al salario de los mineros en México siguen siendo uno de los más bajos del mundo, sin los comparamos con cinco países con orientación minera nos daremos cuenta de ello:

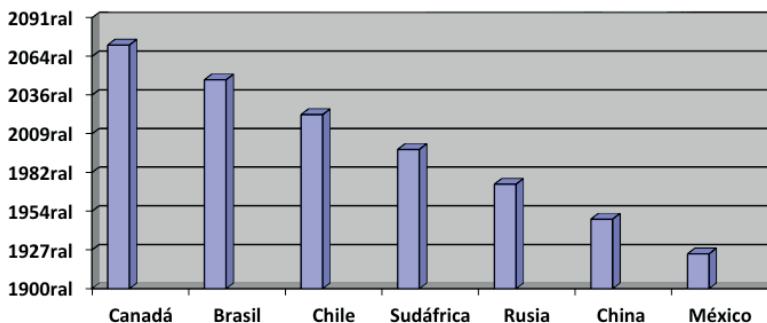


Gráfica número 1, salarios pagados en la industria minera en dólares por mes en 7 países

Fuente: elaboración propia, con datos del Banco Mundial, Doing Business 2018.

Mientras que, de los 7 países, Canadá paga los mejores salarios a sus mineros, Brasil paga 3,000 dólares al mes, Chile 2,500, Sudáfrica 2,000, Rusia 1,500, China 1,000 y México solamente 500 dólares al mes.

Si hacemos una conversión a pesos mexicanos, (con una paridad de 18 pesos por dólar), los datos siguen siendo muy representativos y se presentan en la gráfica número 2.



Gráfica número 2, salarios pagados en la industria minera en pesos por mes en 7 países

Fuente: elaboración propia con datos del Banco Mundial, Doing Business 2018.

Los siguientes datos nos indican la heterogeneidad del salario en siete estados mineros para el año 2018.

Estado	Salario por año	Salario por día
Durango	214,140.00	594.00
Zacatecas	209,090.00	580.00
Chihuahua	188,880.00	524.00
Sonora	150,050.00	416.00
Coahuila	127,270.00	353.00
San Luis Potosí	122,220.00	339.00
Michoacán	110,100.00	305.00

Cuadro 1, salarios por año y por día en pesos para 5 estados mineros de México, 2016.

Fuente: LEA con datos del INEGI, STPS, SIAM, 2017.

De acuerdo con información acerca de los aumentos salariales a la clase trabajadora minera en México, en base a la existencia de dos sindicatos reconocidos por las autoridades del ramo, uno se asienta en el país y ha obtenido aumentos que no rebasan el 4%, el otro asentado en Canadá ha obtenido incrementos a los salarios de los mineros por el orden del 16% en promedio, una situación que sigue sin remediar en el sector minero bajo el beneplácito de las grandes empresas mineras y el gobierno federal.

De todo lo anterior se puede desprender de manera fehaciente el pedimento que hizo el gobernador anterior del estado de Zacatecas, Miguel Alonso Reyes durante el año 2016 al visitar la empresa matriz de Goldcorp en Canadá para solicitar una ayuda para equipar la banda de música del estado, solicitó un millón de pesos y con gusto le extendieron el cheque correspondiente, una miseria comparada con las enormes ganancias obtenidas por la empresa en el año 2016.

Se le otorgan en promedio anualmente al estado de Zacatecas la cantidad de

420 millones de pesos, al realizar la correspondiente relación entre lo que se entrega vía impuestos y los beneficios que se perciben año con año por parte de las grandes empresas mineras se tiene que la relación es de apenas el 0.567%, es decir una cantidad sumamente insignificante.

Como se puede desprender de todo lo anterior, la relación beneficios de las mineras con respecto al beneficio para la sociedad es muy desigual.

La participación en el PIB nacional hace que la minería no pierda importancia en México, los beneficios sociales de la minería se ubican en 24 de los 32 estados de la República donde existe minería gracias al rico potencial minero de México, ello permite que sea uno de los principales destinos para la inversión en exploración de minerales en América,

### 3 I RESERVA DE LA BIÓSFERA EN EL ESTADO DE ZACATECAS AÑO 2016

Desde el mes de septiembre del 2016, con la toma de posesión del nuevo gobernador del estado de Zacatecas, Alejandro Tello, se ha manejado un problema entre la federación y la entidad zacatecana, que desde el año 2014 por medio de la SEMARNAT<sup>4</sup>, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, así como las comisiones Nacional Forestal y Nacional de Áreas Naturales Protegidas han pretendido proteger sin éxito una cantidad considerable de tierras factibles para la explotación minera del norte del estado zacatecano.

Víctor Armas, ex dirigente estatal del PVEM<sup>5</sup> y designado secretario del Agua y Medio Ambiente por el gobernador priista Alejandro Tello Cristerna, informó que el Comité de Inversión Minera de la Cámara de Comercio de Canadá se pronunció en contra del proyecto de declaratoria de reserva de la biosfera emitido en el año 2014..

Armas, se opone a que se declare reserva de la biosfera una superficie de 2 millones 577 mil hectáreas, que representan 40 por ciento del territorio de la entidad.

Argumentó que esta denominación significaría incertidumbre jurídica para las inversiones mineras canadienses en Zacatecas.

Sostuvo que por gestiones de la administración estatal ya se ha detenido la posible declaratoria que iba a emitir la Semarnat, y él se comunicó personalmente con Michael Harvey, presidente del Comité de Inversión Minera de Canadá, para que informe a los empresarios de ese país que no deben preocuparse, pues no se afectará a la industria minera de Zacatecas.

De igual manera, consideró imposible que la Semarnat pretenda convertir en reserva de la biosfera una superficie tan grande de la entidad, que sería mayor a la de los estados de Tabasco, Tlaxcala y Colima.

Añadió que, con la reducción al proyecto de egresos de 2017, se disminuirán los recursos a muchas dependencias federales, y entonces, ¿con qué vamos a financiar el

4 Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

5 De profesión licenciado en derecho, sin conocimiento alguno acerca del medio ambiente en el estado de Zacatecas

cuidado de 2 millones y medio de hectáreas? ¡Se requeriría un ejército!

Se comprueba de manera clara que los funcionarios del gobierno estatal conjuntamente con el gobernador Alejandro Tello están al servicio de las grandes empresas mineras y no para la protección del territorio zacatecano, afectando los recursos del estado que repercuten de manera directa en la población.

## 4 | LA PÉRDIDA DE TERRITORIO EN MANOS DE EMPRESAS MINERAS.

La pérdida considerable de territorio mexicano a causa de las concesiones mineras es alarmante en los últimos años, destacándose el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa que en aras de la modernidad y la globalidad le abrió las puertas de manera indiscriminada a las empresas mineras durante el período 2006-2012.

A continuación, se realiza un recuento de los últimos cuatro sexenios en México que han otorgado concesiones a empresas mineras.

### Concesiones otorgadas por el gobierno federal de varios sexenios para la explotación minera en México

Dentro de la administración federal encabezada por los presidentes Ernesto Zedillo (1994-2000), Vicente Fox (2000-2006), Felipe Calderón (2006-2012) y Enrique Peña (2012-2018), se han otorgado 27 mil 204 concesiones a empresas mineras.

Ello equivale a que en 24 años de administración priista, se realizan en promedio 1,133.5 concesiones por año a capitales nacionales y extranjeros que explotan territorios de diversa índole en 24 estados del país.

El resultado de dichas concesiones otorgadas al capital minero en México equivale en términos de hectáreas a más de 36 millones. Una cifra en verdad impresionante en el país.

En lo que respecta a las concesiones otorgadas, cuyo registro tiene el Siam,<sup>6</sup> los gobiernos panistas superan por mucho al resto de las administraciones surgidas del PRI: Plutarco Elías Calles otorgó 5 concesiones; Pascual Ortiz Rubio, 3; Lázaro Cárdenas, 10; Manuel Ávila Camacho, 22; Miguel Alemán Valdés, 15; Adolfo Ruiz Cortines, 25; Adolfo López Mateos, 75; Gustavo Díaz Ordaz, 175. Fin del período nacionalista en México.

Luis Echeverría Álvarez, 222; José López Portillo, mil 151; Miguel de la Madrid Hurtado, 985; Carlos Salinas de Gortari, 2 mil 531; Ernesto Zedillo Ponce de León, 2 mil 245; Vicente Fox Quesada, 11 mil 721; Felipe Calderón Hinojosa, 11 mil 817, y al año 2015, Enrique Peña Nieto, mil 416.

El cuadro número 2 nos proporciona una valiosa información acerca de los modelos económicos que se han desarrollado en diversas épocas históricas de México y el número

---

<sup>6</sup> Sistema Integral de Administración Minera, 2016

de concesiones otorgadas a las empresas mineras.

MODELO ECONÓMICO	NÚMERO DE CONCESIONES MINERAS
Nacionalista <sup>7</sup>	330
Desarrollista <sup>8</sup>	1,373
Neoliberal <sup>9</sup>	32,131

Cuadro 2, modelos económicos en México y número de concesiones mineras

Fuente: LEA, con datos del SIEM, SE, INEGI, varios años.

En lo que respecta al volumen de hectáreas otorgadas a las empresas mineras en México en los últimos 24 años, sobresale la administración de Felipe Calderón, y la de Ernesto Zedillo Ponce de León como la que otorgó la menor cantidad de hectáreas a las empresas mineras.

Sexenios	Cantidad de hectáreas
Ernesto Zedillo	1'010,000
Vicente Fox	8'099,000
Felipe Calderón	24'073,000
Enrique Peña	3'160,000

Cuadro número 3, cantidad de hectáreas otorgadas a empresas mineras en los últimos 24 años en México (1994-2018)

Fuente: LEA, con datos del SIEM, SE, INEGI, varios años.

La información del cuadro número 3 dice más que mil palabras, una cesión de terrenos de diversos tipos (desde cerros ancestrales con valor histórico para los indígenas, hasta zonas reservadas para el cuidado de la biosfera en México).

Cifras históricas que no se dan en ningún lugar del mundo, en 24 años se han otorgado 36'342,000 de hectáreas otorgadas a las empresas mineras en México, una proporción de 1'514,250 hectáreas cada año y lo más alarmante es que aún no se acaba el sexenio priista, de seguro la cifra se hará más grande en los próximos meses.

En volumen, Felipe Calderón entregó concesionadas 24 millones 73 mil hectáreas; Vicente Fox autorizó 8 millones 99 mil, seguido de Enrique Peña Nieto, con 2 millones 565 mil, y Ernesto Zedillo un millón 10 mil hectáreas.

Con este reparto irresponsable, sobre todo de Felipe Calderón, se terminó fortaleciendo al crimen organizado.

Si bien es cierto que los recursos de la minería no son los únicos que manejan los delincuentes, sí constituyen una parte importante que permite el respaldo de la logística de estas bandas criminales.

7 Desde Plutarco Elías Calles, hasta Gustavo Díaz Ordaz (1928-1970)

8 Luis Echevarría Álvarez y José López Portillo (1970-1982)

9 Desde Miguel de la Madrid hasta Enrique Peña Nieto (1982-2018)

Aunado a ello, la falta de reconocimiento de la personalidad jurídica de los pueblos indígenas ha generado un vacío, y éste en muchos lugares ha sido ocupado por bandas criminales, como es el caso de Michoacán, Guerrero, Chihuahua, Colima, Coahuila y Sinaloa, entre otros estados.

Haciendo una comparación de manera resumida se tiene que Lázaro Cárdenas entregó 18 millones de hectáreas a los campesinos de México, que impulsaron la productividad agrícola y la estabilidad social; por su parte, Felipe Calderón entregó 24 millones de hectáreas vía concesiones mineras.

Es lo que denominamos en el presente trabajo la depredación de los recursos naturales en el estado de Zacatecas, 2010-2018, esto es no solamente se afectan de sobremanera los intereses de la sociedad en su conjunto, sino que se degrada día a día el tejido poblacional mexicano con este tipo de concesiones y lo más grave el otorgamiento de enormes extensiones de tierra a las empresas mineras.

La extracción de oro en México es muy cercana a la registrada en los 300 años que se extendió el virreinato (183 toneladas); etapa de Independencia y república restaurada (84 toneladas); porfirato (531 toneladas); post revolución y hasta el neoliberalismo salinista (350 toneladas).

En casi 480 años, el volumen de oro extraído sumó mil 148 toneladas.

La extracción de plata registra a lo largo de la historia un crecimiento exponencial. En el virreinato se explotaron 53 mil 496 toneladas; etapa de la post independencia, 22 mil 708; porfirato, 48 mil 305; etapa posrevolucionaria, 60 mil 927. Y de 1994 al año pasado, 74 mil 784 toneladas. Estas cifras suman 260 mil 222 toneladas.

De la Revolución Mexicana a 1993, el volumen alcanzó 5 millones 432 mil 288. En los últimos 25 años, 3 millones 626 mil 472, que hacen un volumen histórico de 10 millones 721 mil 982 toneladas.

## 5 | CONCLUSIONES

De 290 mineras en México, 211 son de empresas de Canadá; nadie se responsabiliza del daño que causan.

La lista de problemas de salud que provoca esa actividad a los habitantes y trabajadores es larga: auditivos, enfermedades respiratorias y algunos tipos de cáncer de piel.

Son peores cuando los residuos contaminan los ríos.

Salarios muy bajos comparados con los pagados en USA y Canadá a los mineros.

Hasta julio del 2016, México había otorgado 25 mil 178 títulos de concesiones mineras vigentes en 22 millones de has.; esa extensión abarca los estados de Veracruz, Quintana Roo, Campeche, Aguascalientes y la Cd. De México.

La actividad minera en México y Zacatecas es de las más dañinas para el medio

ambiente, la salud y los derechos humanos, sin embargo, las empresas de este sector operan con el aval de las diversas dependencias gubernamentales.

Provocan daños a la salud, incluso propicia diversos tipos de cáncer, enfermedades respiratorias, pulmonares por la generación de polvo, padecimientos auditivos por el ruido que provocan los explosivos y por supuesto, la muerte por accidentes laborales y negligencia.

Hasta julio del 2016, existían en México 25 mil 178 títulos de concesiones mineras vigentes en más de 24 millones de has.

La concesión es por 50 años con posibilidades de prorrogarlos 50 más, es decir 100 años.

## REFERENCIAS

Banco Mundial, Doing Business 2015.

Darcy Tetreault, *Los mecanismos del imperialismo canadiense en el sector minero de América Latina*, artículo del texto Estudios críticos del desarrollo, Volumen III, número 4, primer semestre del 2013, Ed. UAZ, UAED, 2013, México

GeoComunes, 2017

IMSS, 2018, México

INEGI, 2018, México

Laboratorio de Economía Aplicada (LEA), 2018, México

Mineriaenlinea, 2013, México

NTR, periódico zacatecano, 1 de mayo del 18, México

Periódico La Jornada, Alfredo Valadez Rodríguez, miércoles 2 de noviembre de 2016, p. 12

Periódico La Jornada con fecha del sábado 25 de febrero de 2017

Periódico La Jornada, Alfredo Valadez Rodríguez, 28 de agosto del 2017, p. 25

Periódico La Jornada, Roberto Garduño, lunes 14 de marzo de 2016, p. 6

Mineria en línea, 2013, México

NTR, periódico zacatecano, 1 de mayo del 18, México

[www.sinembargo.mx/15-04-2018/3404994](http://www.sinembargo.mx/15-04-2018/3404994)



## CAPÍTULO 3

# EL ABORDAJE DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR. APORTES DESDE LA BIOÉTICA

---

*Data de submissão: 05/12/2023*

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Sharon Aline Neira García**

Departamento de Investigación Educativa,  
UNAM FES Acatlán  
Estado de México  
<https://orcid.org/0000-0002-3166-6126>

**Katya Montserrat Olivera Rubio**

Departamento de Investigación Educativa,  
UNAM FES Acatlán  
Estado de México  
<https://orcid.org/0000-0003-0182-168X>

**RESUMEN:** El objetivo de esta investigación fue analizar la importancia y pertinencia de la bioética como recurso formativo en las instituciones públicas de nivel medio superior, en el campo de la Educación Ambiental, tomando como antecedentes la escasa integración de las temáticas ambientales en el marco curricular y los programas de asignatura en este nivel educativo. La metodología se corresponde con el enfoque cualitativo, revisión documental sobre la bioética y el análisis curricular sobre la recuperación y reflexión de la problemática ambiental en las asignaturas del plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Además de entrevistas semiestructuradas a profesores de distintas asignaturas, teniendo como eje la viabilidad de la enseñanza de la educación ambiental desde la bioética en el currículo. Se concluye con la identificación de la integración de dicho contenido educativo desde la tendencia de la transversalización y sus campos de acción, con la finalidad de coadyuvar en la formación integral de los estudiantes, abordando el cuidado y atención al medio ambiente no sólo como conocimiento aislado, sino como praxis con sentido ético y respetuoso hacia la vida de todo lo que coexiste con el ser humano.

**PALABRAS-CLAVE:** currículo, docentes, formación integral, transversalización, praxis

**THE APPROACH TO  
ENVIRONMENTAL EDUCATION  
AT THE HIGH SCHOOL LEVEL.  
CONTRIBUTIONS FROM BIOETHICS**

**ABSTRACT:** The objective of this research was to analyze the importance and relevance of bioethics as a training resource in public institutions of upper secondary level, in the field of environmental education, taking as background the scarce integration

of environmental issues in the curricular framework and the subject programs, at this educational level. The methodology corresponds to the qualitative approach, documentary review on bioethics and curricular analysis on the recovery and reflection of environmental problems in the subjects of the study plan of the College of Sciences and Humanities of the UNAM. In addition to semi-structured interviews with teachers of different subjects, having as axis the feasibility of teaching Environmental Education from bioethics in the curriculum. It concludes with the identification of the integration of this educational content from the trend of mainstreaming and its fields of action, with the purpose of contributing to the comprehensive training of students, addressing care and attention to the environment not only as isolated knowledge, but as praxis with an ethical and respectful sense towards the life of everything that coexists with the human being.

**KEYWORDS:** curriculum, teachers, comprehensive training, mainstreaming, praxis

## INTRODUCCIÓN

La magnitud del deterioro ambiental que la humanidad ha propiciado nos ha obligado a abordar esta problemática desde diversas disciplinas, las cuales, sin duda desde su experticia, buscan coadyuvar a la detención o el retroceso de esta condición mundial, sin embargo, se requiere de un acompañamiento pedagógico para que esta propuesta trascienda del plan de estudios a una apropiación de estos conocimientos influyendo en el estudio dentro del estilo de vida de los estudiantes. La pedagogía no puede quedar exenta, encontrando su área de intervención desde la Educación Ambiental, concepto que surgió en 1972 en Estocolmo y con el paso de los años fue recorriendo el mundo hasta llegar a América Latina y cada uno de sus países.

No obstante, las acciones llevadas a cabo no han tenido el alcance esperado debido a que el impacto dañino que causa el hombre en el medio ambiente sigue siendo en magnitud más grande que el de los planes y acciones implementados para cuidarlo y preservarlo; en consecuencia, han sido predominantes en México las investigaciones sobre la inserción de la educación ambiental en el campo educativo únicamente a nivel primaria, obteniendo respuestas sobre sus limitaciones y alcances brindadas por autores reconocidos —quienes nos hablan de su importancia y cuáles son los métodos más efectivos para incluirla en la formación de los estudiantes en este nivel—. Partiendo de lo anterior surgió la duda ¿cómo se continúa con esa formación para el cuidado del medio en los niveles subsecuentes en la escolarización mexicana? Y en respuesta se presenta la siguiente investigación sobre la educación ambiental en el nivel Medio Superior, su concepción y sus vías de acción.

## DESARROLLO

### **Sobre la Educación Ambiental en la Educación Media Superior**

Si bien en la actualidad las nuevas generaciones se encuentran mayormente inmersas

en el cuidado del medio ambiente —en parte gracias a las tecnologías de información y comunicación mediante las cuales circulan los conocimientos de sucesos a nivel mundial rápidamente— lo anterior no ha logrado generar la anhelada conciencia social ni contagiar a las comunidades a ser agentes de “acción”, proponer y abrir espacios de reflexión para promover el cuidado de la naturaleza; a exigir leyes que ayuden a reducir el impacto; ni al surgimiento de propuestas gubernamentales que propicien cambios sustanciales en materia de cuidado ecológico.

De igual forma pareciera que las acciones derivadas de los gobiernos no han sido suficientemente impactantes; en consecuencia, diversos especialistas se han preocupado por este fenómeno y han terminado pronunciándose como defensores del ambiente, liderando una serie de movimientos sociales a favor de la protección ambiental, lamentablemente estos últimos han sido fugaces y pocos han contado con un alcance suficientemente sólido para fomentar el pensamiento reflexivo sobre las acciones que como seres humanos de consumo realizamos día a día y cuál es el impacto que generan. Por nuestra parte, para lograr un acercamiento a un plan de acción que coadyuve a generar el nivel de comprensión que buscamos en la sociedad, se realizó la presente investigación enfocada al currículum de la Educación Media Superior cuyo objetivo principal es ahondar en los contenidos de las asignaturas del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) para analizar si se cuenta con contenidos sobre cuidado ambiental, de qué manera son abordados y de este modo poder realizar propuestas que encaminen al logro de los objetivos para el cuidado de nuestro entorno, complementando la formación tanto de profesores como alumnos sobre la importancia de la preservación ambiental en un nivel educativo más alto que la escuela primaria.

El medio ambiente es un espacio donde el ser humano aprende, actúa, se desarrolla y se relaciona, es por ello que como ciudadanos debemos brindarle cuidado y preservación, aunque ineludiblemente ha sucedido todo lo contrario y en consecuencia vivimos una serie de cambios climáticos que afectan el planeta y sus entornos, lo que ha derivado en la organización de foros mundiales, desde la década de los 70 hasta la actualidad, resaltando una de las últimas conferencias mundiales: Estocolmo +50 (2022) en la cual la inclusión de la Educación Ambiental como eje transversal en los sistemas educativos públicos y privados fue presentada como uno de los temas fundamentales para lograr los objetivos de desarrollo (p. 23).

Bajo esta premisa surge la necesidad de redefinir lo que es la Educación Ambiental. Autores como Hernández y Tílbury, Parker y Velásquez (como se cita en Gómez, Jaimes-Morales, 2016) coinciden en que la educación ambiental tiene el propósito de concientizar al ser humano mediante la reflexión y la praxis para la transformación de su realidad, para preservar los recursos actuando con responsabilidad, es un fin en común que la mayoría de las veces, al abordar dicho tema en la educación, se recupera equivocadamente por lo que en algunas ocasiones se pierde el sentido y se reduce a una práctica simple como lo

mencionaba Sauvé desde 1999:

El problema no es la existencia de un amplio rango de concepciones de la Educación Ambiental, sino el hecho de que muchas de esas concepciones conducen a una práctica reducida de esta. Además, con frecuencia los fundamentos de la práctica no son claros y se produce una ruptura entre el discurso y la práctica. Esto confunde y conduce a una pérdida de efectividad. También influye la falta de reconocimiento de fronteras que definen el nicho educativo específico de la Educación Ambiental, de tal forma que ya no se vea como un todo educativo difuso e indiferenciado, algo que no puede ser aprehendido o que no está limitado a uno de sus componentes, prerrequisitos o preocupaciones asociadas (p. 8).

Si bien existen múltiples textos, políticas y conferencias que abordan el concepto y los fines de la educación ambiental en la escuela la información escasea en los contenidos de los planes y programas de estudio mexicanos dejándola encasillada en el cuidado del medio ambiente natural a través de actividades sin trascendencia como campañas de reciclaje; el establecimiento de pautas para reducir la contaminación en nuestros ambientes inmediatos; y, el gasto desmedido de recursos naturales, entre otros temas que abordan materias específicas como biología o cívica en la educación primaria, cabe destacar que todo lo anterior es considerado por los máximos exponentes de la educación ambiental como lo que no debe ser.

Lo que se propone en este escrito como Educación Ambiental es la concientización del ser humano a través de la reflexión de su actuar con sentido de responsabilidad hacia otras formas de vida, propiciando una cultura de preservación del medio ambiente y promoviendo la relación armónica entre la naturaleza y las actividades humanas; este propósito se aborda en esta investigación desde un carácter esencialmente bioético. La bioética, desde las disciplinas de la salud, aporta una revisión sustancial de las actividades propias del ser humano hacia la naturaleza y sus componentes desde una consideración más objetiva, cuestiona e investiga si lo que se realiza es bueno o malo y de acuerdo con sus autores más destacados (Beauchamp y Childress, 1994) se rige por cuatro principios, los cuales hemos abordado desde la perspectiva formativa y se aprecian en la siguiente tabla:

## PRINCIPIOS DE LA BIOÉTICA ADAPTADOS A LA EDUCACIÓN

BENEFICENCIA	Parte del acto de prevenir o aliviar algún daño, el deber de ayudar por encima de los propios intereses u omitir acciones que pudiesen ocasionar un perjuicio. Se retoma desde la educación ambiental como la prevención u omisión de acciones del ser humano que pudiesen dañar el medio ambiente o a otros seres vivos, independientemente de los intereses personales debemos anteponer el cuidado del medio, por muy insignificantes o inofensivos que parezcan nuestros actos.
NO MALEFICENCIA	Formulación negativa del principio de beneficencia que en consecuencia promueve el bien, implica respetar la integridad física y psicológica de la vida humana. Abordando este principio desde la promoción del cuidado del ambiente, no solamente tendríamos que respetar la vida humana y su integridad sino salvaguardar cualquier tipo de vida en nuestro planeta.
AUTONOMÍA	Cada persona puede elegir desde su libertad, las acciones que llevará a cabo ante situaciones específicas en concordancia con sus intereses, deseos y creencias. Si el ser humano se interesa por preservar el ambiente, entonces sus decisiones bajo el principio de autonomía siempre serán dirigidas a cumplir con los dos principios anteriores.
JUSTICIA	Parte de la norma moral de darle a cada quien lo que necesita, entendido también como equidad, deposita en el ser humano la responsabilidad de proveer y distribuir acciones y recursos. Este principio implica entender la responsabilidad que tenemos tanto individual como colectivamente de aplicar los principios anteriores a todo ámbito de cuidado ambiental.

Tabla 1. Principios de la bioética adaptados a la educación

Fuente: Elaboración propia a partir de Beauchamp y Childress (1994)

Se propone este abordaje desde una inserción transversal en el currículo con el fin de que los contenidos para la formación en Educación Ambiental sean incluidos en los programas de estudio con la fuerza necesaria para el logro del mismo; la transversalidad es un concepto relacionado a la educación que en los primeros años del siglo XXI ha hecho presencia dentro del campo de la educación básica como una oportunidad de integración de saberes y métodos para lograr un mejor aprendizaje.

La transversalidad es un modelo que propone al currículum como un abordaje de las asignaturas no fraccionado, sino todo lo contrario, que todos los temas y contenidos vayan de manera conjunta y relacionada, contextualizando los temas con el fin de que el alumno relacione lo aprendido en el aula con los problemas de la cotidianeidad. Para lograr estos objetivos, el docente a través de su formación y sus habilidades debe desarrollar métodos que le permitan correlacionar los contenidos transversales con las áreas de conocimiento o materias en su dominio, adicionalmente la transversalidad posee ejes de acción para que el contenido sea estructurado y responda a necesidades sociales.

Gutiérrez, citado por Gaudiano (2000, p. 5), propone los ejes transversales como “una de las aportaciones teóricas más innovadoras dentro de la Teoría Curricular, ya que implica desarrollar itinerarios propios de las distintas asignaturas y movilizar y reciclar —todas las parcelas clásicas de nuestros planes de estudio—”. Sin embargo, la transversalidad en el currículo se ha considerado como un obstáculo para los docentes, de acuerdo con Gaudiano:

Las primeras manifestaciones de los sistemas escolarizados frente a esta nueva

área fueron de rechazo. Esta actitud tenía dos orígenes. El primero debido a que las recomendaciones para su incorporación surgían de un ámbito institucional distinto del educativo. El segundo, porque se aducía que el medio ambiente ya formaba parte del contenido escolar. (2000, p. 3)

Hoy más que nunca se debe continuar con el planteamiento de la transversalidad y más aún mantenerla presente en los planes y programas de estudio posteriores a la Educación Básica con temas de interés multidisciplinario formando parte del desarrollo de los individuos en todas sus etapas. Es importante mencionar que, no es sino hasta mucho después de cursar la primaria, alrededor de los 15 y los 18 años el estudiante va adquiriendo una identidad para su desarrollo autónomo en sociedad; y, la formación sobre el cuidado del medio no puede quedar exenta durante este periodo.

El nivel educativo que cursan los estudiantes a esa edad, y al que alude este trabajo de investigación, es aquel que se encuentra entre la educación básica y la educación superior, un escalón en el camino formativo de los estudiantes designando como Educación Media Superior que se entiende como un “espacio para formar personas con conocimientos y habilidades que les permitan desarrollarse en sus estudios superiores, en el trabajo y, de manera más amplia, en la vida” según la Secretaría de Educación Pública (SEP) en el Marco Común Curricular de la Educación Media Superior (2017, p. 45).

De acuerdo con la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (2022) trabaja bajo la metodología de participación activa por parte del estudiante de manera eficaz durante su proceso de formación, siendo el profesor como una figura mediadora, quien además intercambia experiencias con los estudiantes en diferentes espacios académicos. Esta metodología aborda el enfoque por competencias haciendo énfasis en tres de ellas que son aprender a aprender, aprender a ser y aprender a hacer, mismos que son factibles para abordar en la temática de la Educación Ambiental. Estas tres competencias no solo se deben visualizar como su nombre lo menciona o como un perfil de egreso, sino que formen una parte inherente de la formación integral del estudiante.

Por ello, dentro del ámbito pedagógico y educativo el concepto de formación integral ha ido adquiriendo lugar e importancia, poco a poco el discurso educativo lo retoma con mayor frecuencia y dentro del ámbito formal este concepto se incluye en todos los niveles educativos como uno de los elementos primordiales a considerar cuando de planes, programas y centros de estudio se refiere, puesto que como Flores y vivas mencionan:

El hombre se desarrolla, se forma y humaniza no por un moldeamiento exterior, sino como un enriquecimiento que se produce desde el interior mismo del sujeto, como un despliegue libre y expresivo que se va forjando desde el interior, en el cultivo de la razón y de la sensibilidad, en contacto con la cultura propia y universal, con la filosofía, las ciencias, el arte y el lenguaje. La formación es lo que queda y los conocimientos, aprendizajes y habilidades son apenas medios para formarse como ser humano (2007, p.167).

Por otro lado, mencionando a Palomino (2021, p.64), académico del CCH, abordar

su experiencia sobre la formación integral conceptualizándola como “una perspectiva de aprendizaje intencionada, tendiente al fortalecimiento de una personalidad responsable, ética, crítica, participativa, creativa, solidaria y con capacidad de reconocer e interactuar con el entorno para construir una identidad cultural propia.” Si bien el logro de una formación integral en los estudiantes depende mucho del currículo también este último elemento debe tomar a consideración en su composición la etapa de desarrollo que viven los alumnos de acuerdo a la edad y los ámbitos físicos y psicosociales.

Para abordar el desarrollo psicosocial de los estudiantes en este nivel educativo retomaremos la teoría de Erik Erikson. Para cada etapa de desarrollo Erikson ubica una característica central básica y una crisis básica psicosocial dialéctica, reconociendo la edad aproximada de los estudiantes de Educación Media Superior entre los 15 y 18 años, el estadio psicosocial correspondiente es el denominado por Erikson como “Identidad vs. Confusión de roles”. En la etapa de desarrollo en cuestión los jóvenes atraviesan desde la madurez psicosexual hasta la formación de la identidad personal, para ello desarrollan los siguientes aspectos: identidad psicosexual —búsqueda del entorno donde pueda compartir su visión del amor—; identificación ideológica —conjunto de valores que rigen el sistema ideológico—; identidad psicosocial —inserción en grupos o asociaciones sociales—; identidad profesional —selección de una profesión—; Identidad cultural y religiosa —fortalece el sentido espiritual de la vida— (Bordignon, 2005, p. 56) .

Lograr la concreción de la formación de su identidad en estos 5 aspectos constituye la característica central de esta etapa de desarrollo. La crisis psicosocial dialéctica se configura como la construcción del principio del orden social, que según Erikson es la visión del mundo que tienen los adolescentes, desde una cosmovisión personal elegida. Es en este último constructo que las instituciones educativas cobran sentido para los adolescentes, pues es a través de ellas que tratan de superar la crisis identitaria, uniéndose o retomando ideologías a su alcance que posteriormente transformarán en un proyecto de vida.

En México una opción para cursar la Educación Media Superior es el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) que tiene como propósito: “al concluir sus estudios en la institución, los estudiantes logren adquirir una serie de conocimientos, habilidades académicas, actitudes y valores que le servirán para continuar sus estudios profesionales y para su desarrollo como persona a lo largo de su vida” (UNAM, 1971, p.1). Partiendo de lo anterior, el modelo educativo del CCH reconoce que la educación de sus estudiantes tiene una doble finalidad: personal y social. Ambas orientadas al desarrollo armónico del alumno y al mejoramiento de la sociedad en la que se desenvuelve.

La dimensión personal se dirige a la formación de estudiantes capaces de adquirir los conocimientos sobre cultura, que les permitan continuar con estudios superiores o seguir preparándose a lo largo de su vida; en cuanto a la dimensión social, se propone que los estudiantes sean capaces de incidir en la transformación de su país a partir de un

compromiso personal y social, de una actitud analítica, crítica y participativa. De acuerdo con la filosofía del CCH, en un entorno complejo y creciente de desarrollo tecnológico, el Colegio tiene el reto de formar jóvenes conscientes de la trascendencia y consecuencias de sus actos; y, del valor que tienen en el desarrollo de su país como agentes de cambio, capaces de interactuar en distintos niveles de organización social, con respeto y tolerancia. Dicha formación les permitirá contribuir a la construcción de una sociedad democrática, solidaria, justa e incluyente, forjadora de contextos óptimos para el desarrollo de un mundo mejor.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Análisis Curricular de la incidencia de la Educación Ambiental en el plan de estudios, 2016, del Colegio de Ciencias y Humanidades**

Para cumplir con la finalidad de esta investigación se optó por realizar en primera instancia una revisión al plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades. Buscando en los documentos oficiales de los programas de asignatura del mismo se logró visualizar el grado de incidencia que los temas del cuidado del ambiente y el respeto a la vida han tenido dentro de las cuatro áreas de desarrollo de los alumnos: qué materia integraban contenidos pertinentes y cuántas no contaban con dicho contenido, adicionalmente y para sustentar desde una mirada práctica y contextualizada la educación ambiental en los planes y programas de estudio del Colegio de Ciencias y Humanidades; se decidió realizar un acercamiento práctico con agentes educativos inmersos directamente en la institución, mediante un cuestionario base se aplicaron entrevistas semiestructuradas a docentes del plantel, pertenecientes a las cuatro áreas de formación. El objetivo de las entrevistas fue identificar el grado de incidencia de la Educación Ambiental en los contenidos de las asignaturas del plan de estudios de la Institución y su posible incorporación en la formación de los estudiantes, desde la mirada de los docentes. Las preguntas recaudaban información sobre:

1. La Educación Ambiental como parte de la formación Integral de sus alumnos
2. Disciplinas que pueden coadyuvar a la enseñanza de la Educación Ambiental en el nivel Medio Superior
3. Medidas para la incorporación de la Educación Ambiental en los planes y programas de estudio del CCH

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta una tabla (Tabla 2) que relaciona, en el área de conocimiento del plan de estudios de CCH, las materias que contienen temas de Educación Ambiental y el grado de incidencia que tiene el tema en cada una de ellas, resultado de la

revisión curricular del plan de estudios.

Área de Matemáticas	Taller de Cómputo, Estadística y probabilidad I y II	✓
	Matemáticas I, II, II y IV, Cibernetica y Computación, Cálculo I y II	✗
Área de Ciencias Experimentales	Química I, II, III y IV, Física I y II, Biología I, II, II y IV	✓
	Ciencia de la Salud I y II, Psicología I y II, Física III y IV	✗
Área Histórico Social	Historia Universal Moderna y Contemporánea I y II, Filosofía II, Economía I y II, Geografía I y II, Antropología I	✓
	Historia de México I y II, Filosofía I, Temas Selectos de Filosofía I y II, Antropología II, Ciencias políticas I y II, Derecho I y II, Administración I y II, Teoría de la Historia I y II	✗
Área de Talleres de Lenguaje y Comunicación	Taller de Diseño Ambiental I y II	✓
	Taller de Lectura, Redacción e Iniciación a la Investigación Documental I, II, III y IV; Inglés I, II, III y IV; y Francés I, II, III y IV; Griego I y II; Latin I y II; Taller de Lectura y Análisis de Textos Literarios I y II; Taller de Expresión Gráfica I y II y Taller de Comunicación I y II	✗

Tabla 2. Relación entre materias y temas de Educación Ambiental

Fuente: Autoría Propia (2022)

Como se puede apreciar, de 72 programas de asignatura que fueron revisados solo 23 de ellos cuentan con algún tema relacionado con el cuidado o la preservación del medio ambiente; mientras que en 49 asignaturas el tema pasa desapercibido. Por lo tanto, se encontró mayor incidencia en el área de ciencias experimentales con 10 materias que si bien no manejan de forma crítica la educación ambiental sí contienen temas que abordan de manera rápida e informativa la problemática ambiental. Por otro lado, el área que abarca mayor número de materias sin contenido de cuidado ambiental son aquellas relacionadas a talleres de lenguaje y comunicación, igualando el número general de materias que cuentan con temas sobre cuidado ambiental. Cabe resaltar que de todas las anteriores ninguna materia aborda de manera pertinente la educación ambiental desde una mirada ética yendo más allá del reconocimiento de la problemática.

Por otra parte, analizando las respuestas abiertas que los profesores de distintas materias del plantel nos dieron pudimos reconocer lo siguiente

1. Los profesores de materias variadas reconocen que el tema de la Educación Ambiental, al pertenecer al ámbito del cuidado de la naturaleza, debe de abordarse de manera directa en las materias de Biología, puesto que en materias como

Taller de Lectura y Redacción o Filosofía no tienen ningún tipo de incidencia y no consideran que sea un tema por abordar desde la transversalidad y aseguran que no tienen una formación o un reconocimiento amplio de la problemática ambiental o su abordaje desde las aulas.

2. Los profesores de Biología reconocen que hay temas sobre la problemática ambiental que pueden abordar desde los planes de estudio, sin embargo, el tiempo y las actividades propuestas para los mismos no permiten llevar los temas más allá del simple reconocimiento como cumplimiento de una planeación educativa.
3. Por último, mencionan que llevar a cabo actividades de intervención ambiental por parte de los grupos de estudiantes tampoco se presenta como una opción viable por la falta de oportunidades o materiales.

## CONCLUSIONES

Como se ha mostrado, los planteamientos curriculares correspondientes a la educación ambiental en el nivel medio superior carecen de contenidos que se presentan como elementales para la formación integral de los estudiantes que incluyan conocimientos transversales. Por ello, partiendo de la revisión del currículo y la identificación de las áreas de oportunidad se propone la inserción de contenidos y actividades que propicien la reflexión de las acciones humanas hacia el medio ambiente. En nuestra actualidad se requiere un cambio fundamental en las generaciones venideras: que los jóvenes sean responsables y actúen desde su autonomía con conciencia ética sobre las consecuencias ambientales. La bioética, mediante la propuesta de sus ejes de acción y valores, permite a los estudiantes la reflexión y la acción encaminadas al consumo y cuidado del medio ambiente, por lo que fundamentar el proceso transversal que da cabida a la educación ambiental dentro del plan de estudios, desde la mirada de la bioética, resulta ser una opción viable para complementar la formación integral de los alumnos y aprehender de manera intrínseca la praxis del cuidado ecológico. Aunado a esto, de acuerdo con los especialistas en filosofía del CCH, la bioética como filosofía en valores dentro del currículum transversal para lograr los objetivos de una educación ambiental es imprescindible pues conlleva realizar dicho cambio y retomar los objetivos de las conferencias internacionales al momento de hablar y analizar el abordaje de la educación ambiental en la educación.

De acuerdo con lo anterior, siguen siendo necesarias y muy importantes dos acciones dentro de la integración de la educación ambiental en el nivel Medio Superior: se requiere de un análisis para seleccionar de manera pertinente los temas fundamentales mediante los cuales es viable el abordaje y la reflexión en torno a la educación ambiental, sin caer en la repetición negativa de causas y consecuencias, que desde nivel primaria se han enseñado. Posteriormente se deben introducir poco a poco a los temarios del plan de estudios, en todas las asignaturas del CCH con ejercicios reflexivos y prácticos que

conduzcan a los estudiantes no solo al conocimiento de la problemática ambiental, sino a la constante búsqueda de soluciones alternas para la misma desde distintas disciplinas. Adicionalmente, es imprescindible que los docentes se formen en la transversalización de la educación y el reconocimiento de las problemáticas ambientales y su abordaje desde la educación para que puedan incluirlos a sus planeaciones y comiencen a ver a la educación ambiental y sus contenidos como responsabilidad de todo el cuerpo académico. Podemos concluir entonces que la necesidad de abordar a la educación ambiental desde la transversalidad es resultado de la suma de los requerimientos para la formación integral de los jóvenes, puesto que la temporalidad de desarrollo en la que se encuentran nos remite al proceso de la búsqueda de identidad, lo que implica que con las herramientas y conocimientos adecuados tendrán el poder de incorporar esta parte de su formación respecto al cuidado y preservación del medio ambiente como intrínseca y continua; se parte de la posibilidad de que los estudiantes del nivel medio superior rijan sus acciones desde una perspectiva crítica, aplicando los principios de la bioética, que promueven el respeto a todo ser vivo, la beneficencia y no maleficencia y la promoción de la justicia hacia nuestro medio de supervivencia y las especies que coexisten con nosotros dentro del proceso educativo.

## REFERENCIAS

- Beauchamp, L. y James, F. (1994). Príncipios de ética biomédica. Masson. Oxford University Press.
- Bordignon, N. (2005). El desarrollo psicosocial de Eric Erikson. El diagrama epigenético del adulto. Revista Lasallista de Investigación, 2(2), 50-63.
- Calderón, T. y Caicedo, M. (2019). Educación Ambiental: Aspectos relevantes de sus antecedentes y conceptos. Revista Ingeniería y Región, 22(0), 14-27.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2022). Misión y Filosofía. <https://www.cch.unam.mx/misionyfilosofia>
- Flores, O. y Vivas, M. (2007). La formación como principio y fin de la acción pedagógica. Revista Educación y Pedagogía, 19 (47), 165-173.
- Gaudiano, E. (2000). La transversalidad de la educación ambiental en el currículum de la enseñanza básica. Reflexiones sobre educación ambiental [https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2000-edgar-gonzalez\\_tcm30-163529.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2000-edgar-gonzalez_tcm30-163529.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (1980). La Educación Ambiental. Las grandes Orientaciones de la Conferencia de Tbilisi. Organización de las Naciones
- Palomino Naranjo, A. (2021). La experiencia de la formación integral en la enseñanza de la Biología en el cch. Eutopía, 13(34), 63–68. <https://www.revistas.unam.mx/index.php/eutopia/article/view/79541Unidas>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] en México (2022) Reporte de resultados de la consulta nacional de Estocolmo +50 en México. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/202210/Documento%20sintesis%20publico%20general\\_web\\_jul.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/202210/Documento%20sintesis%20publico%20general_web_jul.pdf)

Sauvé, L. (1999). La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: En busca de un marco de referencia educativo integrador. *Tópicos*, 1(2), 7-27.

Secretaría de Educación Pública. (2017) Planes de estudio de Referencia del Componente Básico del Marco Curricular Común de la Educación Superior. En Subsecretaría de Educación Media Superior <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/241519/planes-estudio-sems.pdf>

Severiche-Sierra, C., Gómez-Bustamante, E. y Jaimes-Morales, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos*, 18 (2), 266-281.

UNAM, (1971). Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades Cuerpo Académico del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Velásquez J. (2009). La Transversalidad como Posibilidad Curricular desde la Educación Ambiental. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 5(2), 29-44.

Venegas, M. (2004). El concepto pedagógico formación en el universo semántico de la educación. *Revista Educación*, 28(2), 13-28.

## CAPÍTULO 4

# EL OSO ANDINO UN VECINO INCOMPRENDIDO

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

**José Onofa Guayasamin Biodiversidad**

### INTRODUCCIÓN

Durante los siguientes 20 o 30 años, el mundo podría perder más de un millón de especies de plantas y animales, debido principalmente, a cambios ambientales causados por el hombre. A un promedio de 100 especies por día, esta tasa de extinción sobrepasará en más de 1.000 veces la tasa “normal” de extinción estimada. La lista de especies extinguidas, en peligro y amenazadas incluye tanto plantas como animales. Alrededor de un 10% de las especies de plantas de las regiones templadas y un 11% de las 9.000 especies de aves en el mundo corren algún riesgo de extinción. En los trópicos, la destrucción de los bosques amenaza a 130.000 especies que sólo pueden vivir en ese hábitat. (UNESCO – PNUMA 1992)

Esta alarmante tasa de extinción se ha convertido en el problema universal que ha concitado el interés mundial sobre

la “diversidad biológica” o “biodiversidad”. El concepto de biodiversidad implica mucho más que simplemente el número de especies que habitan nuestro planeta. Las interacciones ecológicas entre las diversas especies y los ambientes físicos conforman los ecosistemas de los cuales la especie humana depende para su supervivencia. El concepto de *Biodiversidad*, además, incluye la variabilidad genética de la vida en el planeta. Sin variabilidad genética, la vida pierde su capacidad para sobrevivir a los cambios una cualidad conocida como adaptación.

El problema radica en la pérdida de biodiversidad; la biología de la conservación es la ciencia que explica el problema y propone soluciones. La educación ambiental constituye el medio para lograr la aplicación de soluciones.

## ¿Qué es la Biodiversidad?



Según Albuja, (2004), La biodiversidad es expresada como la riqueza de especies de plantas y animales, también es considerada como la medida de la heterogeneidad biológica, ecológica y genética. Hay varias clases de biodiversidad de especies, se mide por el número de especies de un mismo hábitat, la diversidad eco-sistémica que es el número de especies y la abundancia relativa de ellas y la diversidad relacionada con la heterogeneidad geográfica. Además, se incluye la diversidad cultural de razas o etnias. Los ecosistemas con una mayor diversidad biológica en el ámbito mundial son los tropicales y los arrecifes de coral. Entre los factores que determinan la biodiversidad figuran la historia geológica y la variedad de suelos, climas, hábitat, microhábitats y ecosistemas.

## LA BIODIVERSIDAD DE VERTEBRADOS Y PLANTAS VASCULARES A NIVEL MUNDIAL

TAXAS (%)	TOTAL MUNDIAL	TOTAL ECUADOR
Mamíferos	4809	362 ( 7.5)
Anfibios	4222	415 (9.8)
Reptiles	6500	395 (6.1)
Aves	9040	1616 (17.9)
Peces	20000	1495 (7.5)
Plantas Superiores	248429	18000 (7.2)

## Conozcamos al oso andino (*Tremarctos ornatus*)



### Clasificación Taxonómica

CLASE: MAMMALIA

ORDEN: CARNIVORA

FAMILIA: URSIDAE

SUBFAMILIA: TREMARCTINAE

GÉNERO: *Tremarctos* Gervais, 1855

ESPECIE: *Tremarctos ornatus* (F. Cuvier, 1825)



Caninos: 1/1

Premolares: 4/4

Molares: 2/3

Total de Dientes: 42

Nº de Cromosomas: 2N= 52

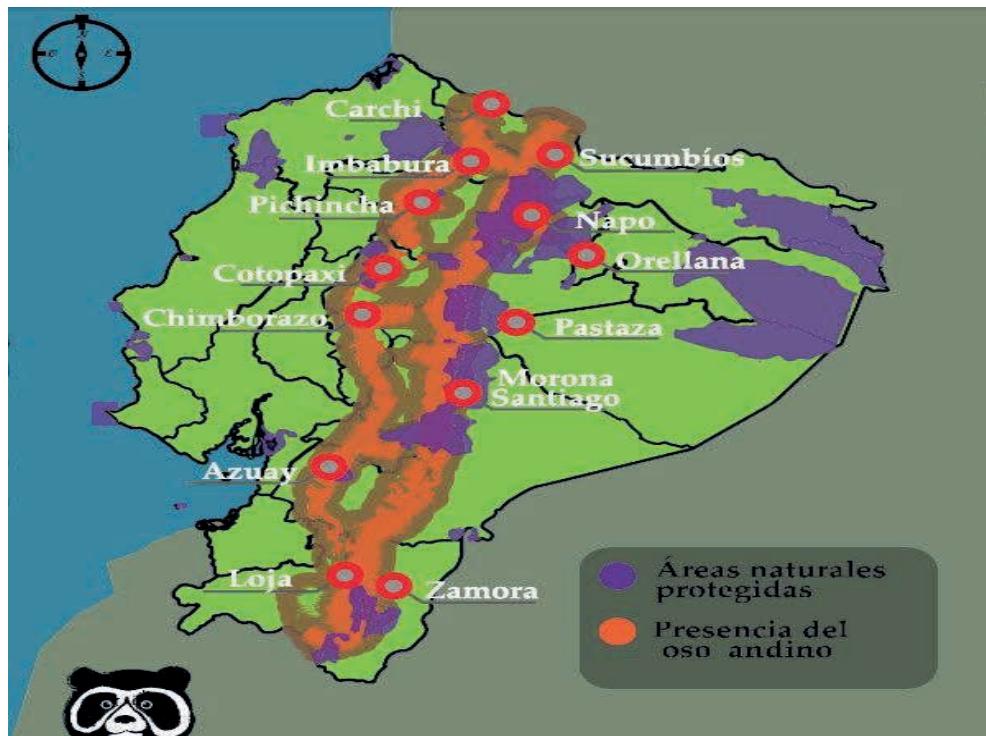
Longevidad (tiempo de vida): hasta 35 años  
(en cautiverio)



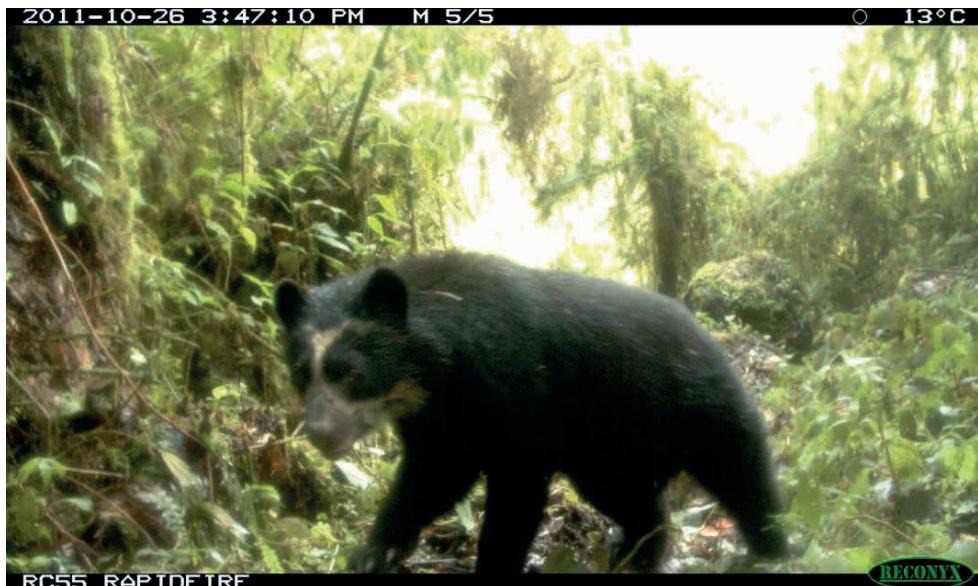
Su habitat

El oso andino vive en los páramos andinos, bosques montanos, templados y subtropicales entre los 1000 y 4.300 msnm y en la provincia de Napo.

## MAPA DE DISTRIBUCIÓN EN ECUADOR



## OSO DE ANTEJOS CON CAMARA TRAMPA EN EL PARQUE NACIONAL SUMACO NAPO GALERAS



Dr. José Onofa

### *Cadena alimenticia del oso*



## Dieta del oso andino...

### DIETA

Como los humanos, el oso andino come de todo, especialmente vegetales.



Vegetales      Carne e insectos



*Las bromelias son una de las plantas más apetecidas por el oso andino.*

### Reproducción

A Partir de los 3 años de edad la osa puede tener sus primeras crías, su número varia de 1 a 3 osezños; Las crías aprenden a sobrevivir con su madre y lo hacen hasta 2 años con ella, la osa tiene en promedio 12 crías durante su vida reproductiva.



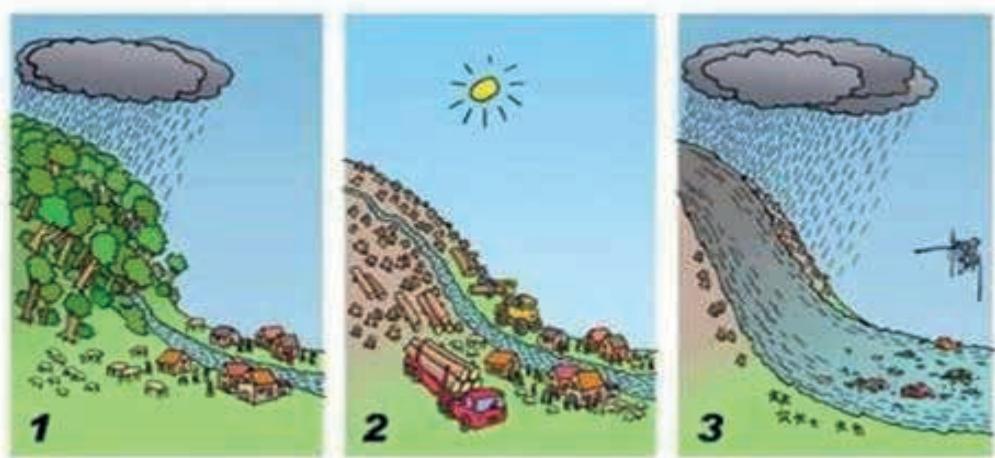
Como identificar la presencia del oso en su hábitat

1. Registro indirecto por huellas y marcas
2. Registro indirecto por rastros de alimentos

### 3. Registro indirecto por rastros de heces



### El Oso y sus funciones en el ecosistema



En la amazonia ecuatoriana, existe bosque húmedo tropical, en la provincia de mapo que forma parte de ingreso y salida de la amazonia, el habitat propio del oso por su declive en su mayoría, paramo y presipitaciones.

Según los ultimos censos de animales en Ecuador solamente viven alrededor de 2000 osos, y nosotros humanos somos 15. 000.000!



*Soy una especie en peligro de extinción*



### Porque esta el oso en peligro de extinción

Por décadas de deforestación de los bosques, para generar nuevas áreas ganaderas.

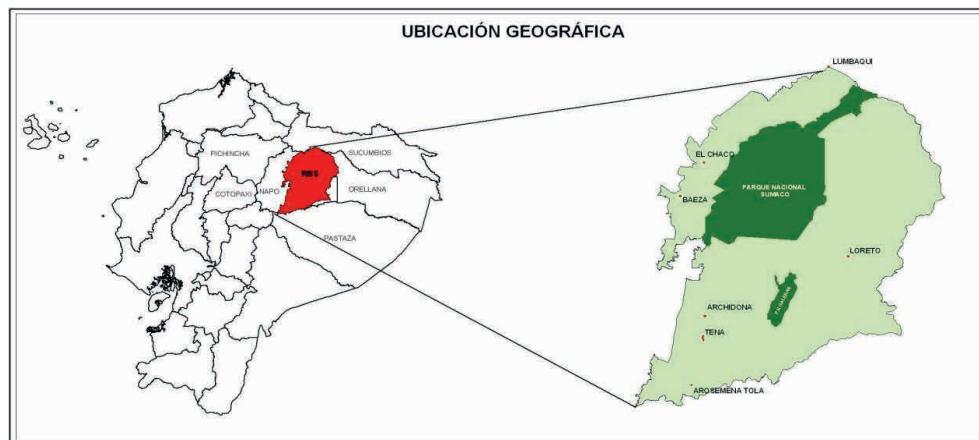
- Se cazaban osos y se usaban sus partes como medicina.
- Se cazaban a dantas, venados y otros animales dentro su dieta.
- Se capturan osos como mascota/atractivo.
- Se cazan osos por ataque al ganado.



## Deforestación



## Zona del problema



La Provincia de Napo Cuenta con 6 Áreas protegidas del sistema nacional de Áreas Protegidas: Parque Nacionales Sumaco Napo Galeras (PNSNG), Antisana (PNA), Llanganates (PNLI), Cayambe Coca (PNCC) y cotopaxi zona baja (PNC) y una Reserva de Biosfera Sumaco, con su núcleo el Parque nacional sumaco Napo Galeras, sitios donde se encuentra protegido el Oso de antejos.

## Casería al oso



La caza del oso, se debe a distintos problemas y beneficios para sus cazadores, existe el conflicto gente fauna, que para el caso del oso es por que ataca al ganado vacuno, si bien es cierto por las diversas pendientes que existen en la provincia, la mayoría de ganaderos liberan su ganado en el monte y les visitan cada 3 y 4 meses de ser posible.

Ante este abandono la mayoría de ganado muere rodando y al encontrarse en estado de descomposición acude el oso para su aprovechamiento, en este caso pasando a ser un depredador de unos ganados que fueron abandonados muy cerca del hábitat del oso.

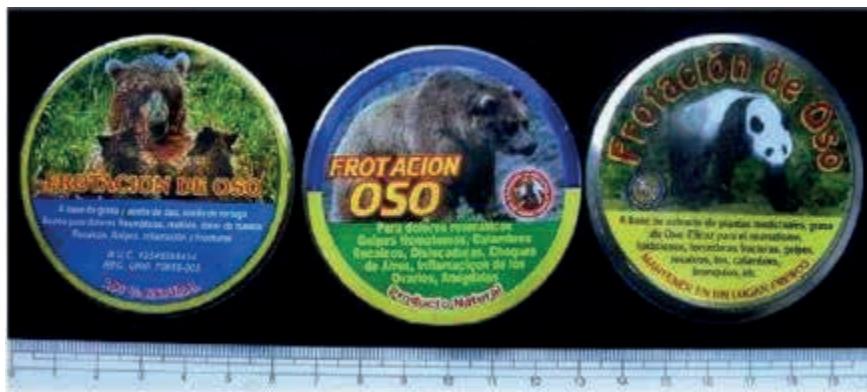
Cacería de otros animales ...años atrás se procedía con la cacería de guanta, guatusas, sahinos, venados entre otros, mismos que heran el alimento de los osos, puesto que su principal alimento son las achupallas, especies que están desapareciendo por el abanque de la frontera agrícola (siembra de maíz), mismo que de igual manera es consumida por los osos.



## Caserías



Medicina tradicional o popular ...Otro de los problemas que produce la casa del oso, creencias y mitos de las comunidades y pueblos ancestrales



Osezno como mascotas: Una vez que matan a la madre oso de ser el caso esta con sus crias son utilizados como mascotas.



#### Comportamiento del ataque del Oso de antejos al ganado vacuno

- Ataca al ganado vacuno que se encuentra en las fincas ubicadas en la zona de amortiguamiento del PNSNG, PNA y PNCC, en la provincia de Napo.
- Hasta el momento existen 8 denuncias del ataque de osos a la DPN/ MAE en los sectores de Borja, Linares y Cosanga.
- Se han contabilizado 15 cabezas de ganado, entre toretes y ganado adultos.

#### Interacción oso-gente por ataque al ganado

#### La naturaleza del conflicto

Ejemplos de depredación de animales domésticos y destrucción de cultivos (Cultivo de maíz)

Cruce de Oso de antejos con sus crías por la vía principal de Papallacta



**Oso antejos entre el ganado**





## **El oso es tímido.**

- El oso andino es muy tímido, casi siempre evasivo; Como se explica anteriormente si esta un animal muerto el oso baja a consumir y se encuentra con otros animales que se encuentran en ese sitio y le atacan el oso se defiende por eso las mordeduras.
- Al detectar algún signo de peligro huye hacia el árbol más cercano o en dirección a pendientes en zonas inaccesibles.
- No ataca al hombre por su propia iniciativa, aunque si es incitado al poner en peligro a sus crías o herido al estar alimentándose de su presa, puede llegar a ser peligroso.

Consejos para evitar ataques de osos a al ganado:

- No sentirse amenazado por la presencia de osos
- Llevar dos o más perros (de cualquier raza) cuando visita su ganado, para ahuyentar a los osos.
- No ubicar su ganado dentro ni cerca del bosque, usar cercas eléctricas reforzadas.
- Visitar con frecuencia el lugar donde está su ganado.
- Llevar un control de la muerte de su ganado y sus causas.
- No permitir la cacería de animales silvestres ni la extracción de los frutos del bosque
- Aplicación de medidas disuasivas para ahuyentar al oso (sistema de goteo), solución preparada con harinas de humanos, ajo, jengibre y colocar en los principales puntos donde descansa el ganado en la noche.
- Al rescate del oso de anteojos (Oseznos), que se encontro en la vía Tena Baeza, mismo que se tiene por algun tiempo en el Centro de paso para reabilitar osos y se procede con la liberación en el Parque nacional Cayambe Coca.



*Conforme al código orgánico integran penal Oficio No. SAN-2014-0138 Quito, 03 de febrero de 2014 en el Art. 247.-*

*“La persona que cace, pesque, capture recolecte, extraiga, tenga, transporte, trafique, permute o comercialice, especímenes o sus partes, sus elementos constitutivos, productos y derivados, de la flora o fauna”* será sancionada con pena privativa de uno a tres años y deberá pagar multas de uno a diez salarios mínimos vitales generales (354 a 3540 dólares).”.



## REFERENCIAS

- Ministerio del Ambiente. 2007. Diagnóstico del Parque Nacional Sumaco-Napo Galeras. Plan de Manejo del Parque Nacional Sumaco Napo Galeras. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador-GTZ.GmbH. 2008. Estudio Multitemporal del Uso del Suelo y la Cobertura Vegetal de la Reserva de Biósfera Sumaco. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2007. Política y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007-2016. Proyecto GEF. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Quito, Ecuador. 60 p.
- Ministerio de Ambiente de Ecuador. 2002. Plan de Manejo de la Reserva de Biósfera Sumaco. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2005. Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos. Quito, Ecuador.
- Tirira, D. 2011. Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador. Segunda Edición. Fundación Mamíferos y Conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente del Ecuador. Publicación especial 8. Quito, Ecuador. 400p.

## CAPÍTULO 5

# CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LÍQUIDOS GERADOS EM INSTALAÇÕES DE CONFINAMENTO TIPO COMPOST BARN

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Victor Crespo de Oliveira**

Universidade Estadual Paulista  
Botucatu – São Paulo (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>  
-5380

### **Leonardo França da Silva**

Universidade de Federal Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

### **Érika Manuela Gonçalves Lopes**

Universidade Federal de Minas Gerais  
Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955>

### **Ana Carolina Chaves Dourado**

Universidade Federal de Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-1106-1349>

### **Matheus Mendes Reis**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais  
(IFNMG)  
Januária - Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

### **Bruna Nogueira Rezende**

Universidade de São Paulo  
Piracicaba – São Paulo (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-4337-9324>

### **Letícia Duron Cury**

Universidade Estadual Paulista – Unesp  
Botucatu – São Paulo (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0003-2394-5069>

### **Cássio Furtado Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará – IFPA  
Belém – Pará (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>

### **Fabiane de Fátima Maciel**

Universidade de Federal Viçosa  
Viçosa – Minas Gerais (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

### **Silvana Ferreira Bicalho**

Universidade Estadual do Sudoeste da  
Bahia  
Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-5502-6430>

### **Ariadna Faria Vieira**

Universidade Estadual do Piauí  
Uruçuí- Piauí (Brasil)  
<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

**RESUMO:** A caracterização dos resíduos no sistema *Compost Barn* (CB) é fundamental para otimizar a compostagem e o tratamento de resíduos dos animais

confinados. A composição da cama, formada por materiais ricos em carbono e resíduos animais, desencadeia um processo contínuo de compostagem. Este processo é influenciado por uma série de variáveis, dentre elas as características dos dejetos e resíduos utilizados para composição da cama. Diante dessa necessidade, objetivou-se com este estudo realizar a caracterização dos resíduos sólidos e líquidos produzidos em instalações CB, com base em dados disponíveis em literatura. A caracterização apresentada neste estudo pode fundamentar projetos de estruturas de tratamento de resíduos sólidos e líquidos, que detenham a finalidade de atender instalações CB. Contudo, vale ressaltar que os valores apresentados apresentam variações conforme o tipo de manejo e composição da cama e nutrição dos animais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bovinocultura de Leite, Desejos Bovinos, Manejo, Tratamento de Resíduos

**ABSTRACT:** The characterization of waste in the Compost Barn (CB) system is essential to optimize composting and waste treatment in confined animal facilities. The composition of the bedding, formed by materials rich in carbon and animal waste, triggers a continuous composting process. This process is influenced by various variables, including the characteristics of the waste and residues used in the bedding composition. In light of this need, the objective of this study was to characterize the solid and liquid residues produced in CB facilities, based on data available in the literature. The characterization presented in this study can provide a basis for the design of structures for the treatment of solid and liquid waste, aiming to meet the needs of CB facilities. However, it is worth noting that the values presented vary according to the type of management and the composition of the bedding and animal nutrition.

**KEYWORDS:** Dairy Farming, Bovine Wastes, Waste Treatment, Management

O sistema *Compost Barn (CB)* é caracterizado por possuir uma cama coletiva entre os animais confinados. A cama pode ser composta por maravalha, casca de café, casca de arroz, que são materiais ricos em carbono, e em conjunto com as fezes e urina das vacas, material rico em nitrogênio, acontece o processo de compostagem contínua durante todo o seu período de uso. Dos dejetos produzidos pelos animais, cerca de 49,0 a 70,6% são despejados na área de cama, o restante é dividido entre a sala de ordenha, de espera e corredor de alimentação (DAMASCENO et al., 2020).

O manejo da cama requer diferentes acompanhamentos para tomadas de decisão no quesito reposição e taxa de lotação no sistema. O teor de umidade da cama deve ser monitorado corriqueiramente para manter as condições propícias ao processo de compostagem. De modo geral, recomenda-se que este valor esteja entre 35 e 65%, sendo a faixa ideal de 45 a 55% (BLACK et al., 2013; DAMASCENO, 2020). A umidade muito elevada pode causar prejuízo na vida microbiológica presente na cama, pois a água começo a ocupar espaços que antes eram ocupados por ar, não dando condições para o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. Em situações em que a taxa de umidade é muito baixa, há baixo potencial para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela compostagem e maior desprendimento de pó no ato de revolvimento da cama, o que

pode causar danos à saúde das vacas (DAMASCENO, 2020).

O monitoramento do teor de umidade e da relação C/N da cama se faz necessário para que o processo de compostagem aconteça. A relação C/N quando se encontra entre 25-30:1, é o momento de máxima compostagem dos nutrientes pelos microrganismos, uma vez que é extremamente importante manter carbono e nitrogênio em proporções adequadas, para que o processo de compostagem aconteça de forma ininterrupta. Para isto, a reposição da cama deve ser realizada periodicamente e a taxa de lotação deve atender a capacidade da instalação (NRAES-54, 1992).

O processo de revolvimento da cama acontece para incorporar  $O_2$  e desprender  $H_2O$  do interior da cama. A incorporação de  $O_2$  na cama é fundamental para manter o pH entre 6,0 e 8,0 possibilitando o desenvolvimento dos microrganismos aeróbios. A baixa concentração de  $O_2$  no interior da cama pode ocasionar a queda do pH a valores inferiores a 4,5, limitando a ação dos microrganismos na compostagem do material orgânico e contribuindo para a proliferação de organismos nocivos à saúde dos animais (BEWLEY et al. 2012).

Diante deste cenário, verifica-se que o sistema CB requer sério cuidado no que tange as características físico-químicas dos desejos que são nele gerados, uma vez que estes irão fazer parte da composição da cama e dos efluentes líquidos, que precisam ser submetidos a tratamentos para poder retornar ao meio ambiente de forma ecológica e sustentável. Dessa forma, objetivou com este estudo realizar a caracterização dos resíduos sólidos e líquidos que são produzidos ao decorrer das atividades desenvolvidas em uma instalação CB.

## **DISTRIBUIÇÃO E CONSTITUIÇÃO DOS RESÍDUOS EM UMA INSTALAÇÃO TIPO CB**

No sistema CB, as fezes dos animais são distribuídas entre a cama e o corredor de alimentação. O efluente produzido no corredor de alimentação constitui-se de fezes, urina, restos de alimentos e águas residuárias da lavagem do corredor de alimentação e dos bebedouros. Já os resíduos dispostos na área de cama são compostos predominantemente por urina e fezes dos animais (DAMASCENO, 2020).

A sala de ordenha é um local que gera grande volume de efluentes em uma unidade de produção leiteira. Os efluentes originados neste local são basicamente água de lavagem, detergentes utilizados na limpeza da sala de ordenha e de utensílios, restos de leite, sedimentos trazidos pelos animais, células mortas, pelos, restos de ração, fezes e urina (RICARDO, 2016). Segundo Damasceno et al. (2020), a maior parte da deposição dos dejetos das vacas ocorre sobre a cama do sistema CBP, nessa pesquisa constatou-se também que os animais de maior produção, consequentemente, são maiores produtores de dejetos (Tabela 1).

Produção de leite	Sala de ordenha (kg vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	Corredor de alimentação (kg vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )	Área de cama (kg vaca <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> )
BP	0,93 ± 0,25	16,90 ± 0,16	32,92 ± 11,24
AP	1,01 ± 0,21	22,52 ± 1,35	32,05 ± 10,23

Legenda: BP: Baixa Produção, AP: Alta Produção

Tabela 1. Média e desvio padrão dos dejetos entregue em diferentes instalações (sala de ordenha, alimentação e área de cama; DAMASCENO et al., 2020)

As características dos dejetos produzidos no sistema *CB*, cama e corredor de alimentação, podem ser expressas em propriedades físicas, químicas e biológicas e, também, serem obtidas por meio de medidas qualitativas e quantitativas (SOUZA et al., 2009). Desta forma, a caracterização dos dejetos em uma unidade de produção de gado leite em sistema *CB*, foi realizada por meio de revisão bibliográfica onde foram considerados os seguintes parâmetros Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Suspensos (SS), Sólidos Totais (ST), Macro e Microminerais, Umidade Relativa e pH.

## CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Nos últimos anos a bovinocultura de leite está adotando estratégias para potencializar a produção do setor. Sendo assim, observa-se maior busca por sistemas de confinamento e dietas eficientes. Contudo, a maior a quantidade de leite produzido traduz-se em aumento do volume dos dejetos na unidade de produção e este fato tem despertado a atenção de ambientalistas, técnicos e instituições internacionais devido ao elevado potencial de poluidor que esses resíduos apresentam, logo, torna-se imprescindível mitigar a geração de dejetos e promover o adequado tratamento e destinação para os que foram produzidos.

Os principais fatores que interferem na quantidade e características físico-químicas desses resíduos são o regime de confinamento, tipo de instalação, a forma de manejo dos animais e de sua alimentação (JUNTOLLI, 2016; LESO et al, 2013). Segundo Damasceno (2020), a adoção do sistema *CB* reduz a quantidade de dejetos líquidos produzidos em sistemas de confinamento de bovinos leiteiros, o que pode proporcionar redução de até 60% no tamanho da lagoa de dejetos quando comparado ao sistema *Free Stall* (*FS*). Isto ocorre, pois no sistema *CB* parte dos dejetos dos animais são incorporados à cama, onde acontece o processo contínuo de compostagem, até que ocorra o momento da troca de cama (LESO et al., 2013).

O momento da troca da cama é influenciado pelas características construtivas do projeto da instalação, a densidade animal adotada e a taxa de reposição de cama nova, sendo que é usual conciliar esse processo com o período de plantio da propriedade, pois o material retirado poderá servir de adubo nas lavouras da propriedade. A troca do composto

formado por um novo material é um momento crítico no manejo da cama, neste momento é necessário retirar em torno de 90 a 95% do composto e acrescentar o novo material até altura de 0,40 m. Este procedimento é aplicado para que o processo de compostagem da cama nova se inicie com maior rapidez pela ação dos microrganismos presentes na porção da cama antiga (SIQUEIRA, 2013; DAMASCENO, 2020).

Os dejetos dos animais confinados quando incorporados à cama do CB, formam um resíduo de grande valia para a agricultura, por conter elementos essenciais para culturas perenes e anuais. Contudo, a cama do *CB* quando não destinada corretamente pode gerar danos ambientais no local que foi depositada, pois além de possuir minerais nobres, contém elementos de alto poder de toxicidade ao solo, como Fe e Al, o que pode prejudicar o desenvolvimento das culturas. O manejo adequado da cama após o momento de sua retirada é crucial, pois é neste momento em que o material finaliza o processo de estabilização e se torna um produto de alta qualidade para a produção agrícola.

Após a retirada da cama, recomenda-se que o material seja submetido ao processo de cura, para então poder ser comercializado ou utilizado como fertilizante na produção agrícola. A quantidade e a qualidade do composto produzido dependem de alguns fatores, dentre estes, o tipo de material de cama utilizado, área de cama disponível por animal e as características do processo de compostagem a que esse material foi submetido (BEWLEY et al., 2017).

Andrade (2021), avaliou a qualidade da cama do sistema *CB* tipo túnel, por meio da concentração de macronutrientes e relação C/N da cama, foi verificado que a média de nutrientes na cama não oscilou entre a camada superficial e a profundidade de 0,20 m, por esse motivo, os dados nas duas profundidades foram combinados em valores médios e estão dispostos na Tabela 2, que apresenta caracterização deste material.

Variável	Média	DP	Mínimo	Máximo
Carbono Total (%)	21,59	4,22	17,06	25,02
C:N	15,56	2,63	13,05	17,66
Nitrogênio Total (%)	1,39	0,13	1,28	1,53
Fósforo (%)	0,25	0,05	0,18	0,31
Potássio (%)	2,03	0,39	1,61	2,33

Tabela 2. Média, desvio padrão (DP), valores mínimos e máximos para o teor de nutrientes da cama em compostagem em uma instalação *Compost Barn Fechada* (adaptado de ANDRADE, 2021).

Como está apresentado na Tabela 2, a razão C:N teve média de 15,56, estando fora da faixa recomendada pela literatura que é de 25-30:1 (DAMASCENO, 2020). Com relação aos teores de nutrientes que compõem a cama foi verificado que não havia condições essenciais para a completa compostagem, contudo, a camada superficial apresentou atividade biológica, fato que pode estar associado a constante aeração via processo de revolvimento.

Leso et al. (2020) desenvolveram uma revisão de literatura que avaliou o comportamento da cama quanto aos níveis de pH, macronutrientes (N, P, K) e a relação C/N em camas de *CB* com diferentes fontes de carbono. No estudo foram verificados valores de pH entre 7,4 e 9,0 para os diferentes materiais, indicando valores superiores a faixa recomendada, que é de 6,5 a 8,0 (RODRIGUES et al., 2006). A relação C/N também não esteve em acordo com a recomendação da literatura, de 25:1 a 30:1 (RODRIGUES et al., 2006). Os autores identificaram uma ampla faixa de variação na relação de C/N, 10,5 a 49,3 e verificaram que poucos estudos relataram relações C/N em CB dentro da faixa ótima para compostagem.

Ainda de acordo com os autores Leso et al. (2020), a umidade média da cama tende a permanecer na faixa ideal de 40% a 65%. Este fato indica que embora a maioria dos produtores seja capaz de manter a cama suficientemente seca, em níveis recomendados, a manutenção de uma relação C/N ideal em CB pode representar desafios para o manejo do sistema (BEWLEY et al., 2012).

Em relação aos macronutrientes presente na cama, os autores Leso et al. (2020) observaram que os elementos N, P e K variaram de 1% a 3,57%, de 1.050 a 6.589 mg.kg<sup>-1</sup> e de 3.893 a 44.084 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. A longo prazo, o uso da cama como fertilizante pode resultar em quantidades consideravelmente maiores de matéria orgânica no solo e, maior acúmulo de N orgânico quando comparado com a aplicação de dejetos líquidos. No entanto, não é adequado o uso da cama como fertilizante de N a curto prazo devido ao seu baixo teor de N mineral e à lenta taxa de mineralização de N (DE BOER, 2014). Contudo, a disponibilidade de N para o solo pode ser melhorada quando a cama é submetida ao processo de cura após o seu uso no *CB* (BLACK et al., 2013; DE BOER, 2014). O teor dos nutrientes presentes na cama, pode ser observado na Tabela 3, contudo é importante salientar que estes dados variam conforme o uso de diferentes materiais e manejo adotado na cama, por exemplo.

Fonte	Material de cama	Profundidade da cama (cm)	pH	C/N	N (%)	P (mg. Kg <sup>-1</sup> )	K (mg. Kg <sup>-1</sup> )
<u>Barberg et al. (2007)</u>	SR	15	8,4	21,4	2,45	3.111	13.831
	SR	30	8,6	17,6	2,69	3.442	17.202
<u>Shane et al. (2010)</u>	SR	15,2	8,68	37,1	1,3	1.449	4.857
		30,5	8,69	37,4	1,3	-	-
		15,2	7,97	29,1	1,6	1.620	8.053
		30,5	7,38	29,3	1,5	-	-
	EM	15,2	8,54	45,7	1,1	1.050	3.893
		30,5	8,67	49,3	1	-	-
	CA, SR	15,2	8,58	25,8	1,6	1.749	7.080
		30,5	8,57	25,4	1,5	-	-
<u>Black et al. (2013)</u>	AM, CA	15,2	8,48	31,6	1,4	2.690	10.463
		30,5	8,57	30	1,5	-	-
	WL	15,2	8,58	22,8	1,6	2.104	8.196
		30,5	-	-	-	-	-
<u>de Boer (2014)</u>	SR, MA	0-20,3	-	26,7	1,7	4.000	13.000
	AM	0-40	8,6	10,5	3,57	6.589	44.084
	CL	0-40	8,3	16,6	1,36	3.924	12.933
<u>Fávero et al. (2015)</u>	CL	0-40	8,8	15,1	1,63	3.773	23.646
	CA	0-20	9	25,6	-	-	-
	SR	0-21	8,8	27,2	-	-	-
<u>Eckelkamp et al. (2016)</u>	MA	0-22	8,9	21,8	-	-	-
	SD, MA	0-20	-	20,2	2,3	5.000	17.000

Legenda: SR = serragem; EM = espigas de milho; AM = aparas de madeira; PS= palha de soja; MA= maravalha; CL = composto de lixo verde; CA= cascas de amendoim.

Tabela 3. Análise química de material de diversas fontes de carbono para cama de *CB*.

A quantidade total de efluentes orgânicos produzida em confinamentos de vacas leiteiras varia de 9,0 a 12,0% do peso vivo do animal por dia, e depende, também, do volume de água utilizado na limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS et. al., 2002). Segundo Matos (2005), uma vaca leiteira com 400 Kg de peso médio produz por dia de 38 a 50 Kg de excretas, sendo que a quantidade de fezes presente pode variar de 28 a 32 Kg e o restante é a quantidade de urina. Contudo, na bovinocultura de leite, além dos resíduos gerados pelos animais, devem ser considerados aqueles provenientes da retirada ou processamento do leite. A quantidade desses resíduos

depende do manejo adotado na sala de ordenha, o que também afeta o consumo de água da propriedade, que pode variar de 40 a 600 litros por vaca ordenhada (MATOS, 2005).

Silva (2012) avaliou as características da água residuária de bovinocultura de leite obtida do estábulo do Sistema Integrado de Produção Agroecológica localizado no município de Seropédica, no estado do Rio de Janeiro. A caracterização consistiu das seguintes análises: sólidos totais, DBO, DQO, C-total, N-total, N-NH 4+, N-, P-total, Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, pH e condutividade elétrica (CE), conforme mostrado na Tabela 5:

Parâmetro	pH	CE (dS m <sup>-1</sup> )	ST (mg L <sup>-1</sup> )	DQO (mg L <sup>-1</sup> )	DBO (mg L <sup>-1</sup> )	Ntotal (mg L <sup>-1</sup> )	N-NH (mg L <sup>-1</sup> )
Valor	6,54	3,03	16.351	16.802	2.380	2.245	1.909
Parâmetro	P (mg L <sup>-1</sup> )	K (mg L <sup>-1</sup> )	Na (mg L <sup>-1</sup> )	Ca (mg L <sup>-1</sup> )	Mg (mg L <sup>-1</sup> )	Zn (mg L <sup>-1</sup> )	Cu (mg L <sup>-1</sup> )
Valor	89,35	102,33	37,5	210,1	137,55	1	6,25

Tabela 4. Caracterização da água residuária de bovinocultura de leite

Fonte: SILVA, 2012.

O lançamento de efluentes agropecuários é regulado pela legislação ambiental definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente por meio da resolução 430/2011. Os padrões de lançamento estão listados no Quadro 1. Cabe ressaltar que além destes padrões, o efluente não pode alterar a qualidade do recurso hídrico a ponto de causar modificação em seu enquadramento.

Parâmetros	Padrão de lançamento
pH	Entre 6 e 9
Temperatura	Inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura
Sólidos sedimentáveis	Inferior a 1 mg.L <sup>-1</sup> , em teste de 1 hora em cone Inhoff.
Óleo e graxas	Inferior 50 mg.L <sup>-1</sup> para gorduras vegetais e animais
Materiais flutuantes	Não pode conter
DBO <sub>5</sub> <sup>20</sup>	Máximo de 120 mg.L <sup>-1</sup> , sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor.
Nitrogênio Amoniacial	Inferior a 20 mg.L <sup>-1</sup>

Quadro 1. Padrões de lançamento de efluentes de acordo com resolução CONAMA 430/2011.

Fonte: CONAMA 430 (2011)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema CB destaca-se por apresentar uma abordagem mais sustentável para a gestão de resíduos em instalações pecuárias. Neste sentido, um ponto chave para correta condução deste sistema é o manejo da cama. Este manejo requer cuidados com a manutenção de valores ótimos de umidade, de relação C/N e de O<sub>2</sub>, para que o processo de compostagem aconteça de forma saudável ao longo do tempo.

De modo geral, o propósito deste estudo foi direcionado à caracterização dos resíduos sólidos e líquidos resultantes das atividades em uma instalação CB. Esta caracterização fundamenta base para projetos de estruturas de tratamento de resíduos sólidos e líquidos, que detenham a finalidade de atender instalações CB. Contudo, vale ressaltar que os valores apresentados apresentam variações conforme o tipo de manejo e composição da cama e nutrição dos animais.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. R. Ambiência e bem-estar animal na produção intensiva de leite em sistemas Compost Barn fechados para a tipologia construtiva e clima do Brasil. 2021. 158 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.
- BARBERG, A.E.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Compost dairy barns in Minnesota: A descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v.23, p.231–238, 2007.
- BEWLEY, J. M., L. M. ROBERTSON, A. ECCKELKAMP. A 100- year review: Lactating dairy cattle housing management. **J. Dairy Sci.** 2017.
- BEWLEY, J. M., L. M. ROBERTSON, AND E. A. ECCKELKAMP. Lactating dairy cattle housing management. **J. Dairy Sci.** 2012.
- BLACK, R. A.; TARABA, J. L.; DAY, G. B.; DAMASCENO, F. A.; BEWLEY, J. M. Compost bedded pack dairy barn management, performance, and producer satisfaction. **Journal of dairy science**, v. 96, n. 12, p. 8060-8074, 2013.
- CAMPOS, A. T. et. al. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426- 438, mar./abr. 2002.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº **357/2005**. Brasília, SEMA, 2005.
- DAMASCENO, F. A. **Compost Barn como alternativa para a pecuária leiteira**. 1. ed. Divinópolis: Adelante, 2020.
- DAMASCENO, F.A. et al. Estimativa de esterco presente em sistemas de compostagem para celeiros de leite para dimensionamento do armazenamento de esterco. **Agronomy Research**, v. 18, n. S2, pág. 1213-1219, 2020.

ECKELKAMP, E.A.; TARABA, J.L.; AKERS, K.A.; HARMON, R.J.; BEWLEY, J.M. Understanding compost bedded pack barns: Interactions among environmental factors, bedding characteristics, and udder health. *Livestock Science*, v.190, p.35–42, 2016. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.05.017

FÁVERO, S.; PORTILHO, F.V.R.; OLIVEIRA, A.C.R.; LANGONI, H.; PANTOJA, J.C.F. Longitudinal trends and associations between compost bedding characteristics and bedding bacterial concentrations. *Journal of Agricultural Science*, v.7, p.58–70, 2015a. DOI: 10.5539/JAS.V7N10P58.

JUNTOLLI, F. V. **A pecuária de leite no Brasil: cenários e avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa, 2016.

LESO, L., M. UBERTI, W. MORSHED, AND M. BARBARI. A survey of Italian compost dairy barns. *J. Agric. Eng.* (e17):120–124. 2013.

LESO, L.; BARBARI, M.; LOPES, M. A.; DAMASCENO, F. A.; GALAMA, P.; TARABA, J. L.; KUIPERS, A. Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 103, n. 2, p. 1072-1099, 2020.

MATOS, A.T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. In: **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.

RODRIGUES, M.S.; SILVA, F.C.; BARREIRA, L.P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C.A.; RIBEIRO, W.C. (Ed.). **Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria**. 1.ed. Botucatu: FEPAF, 2006. p.63–94.

SHANE, E.M.; ENDRES, M.I.; JANNI, K.A. Alternative bedding materials for compost bedded pack barns in Minnesota: A descriptive study. *Applied Engineering in Agriculture*,

SOUZA, J. S. O **impacto ambiental atribuído à pecuária**. Programa de Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, Revista CRMV-PR. Ed. 30, 2010. v.26, p.465–473, 2010.

## CAPÍTULO 6

# ACIDENTES DE TRABALHO CAUSADOS POR MÁQUINAS AGRÍCOLAS: REVISÃO

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Leonardo França da Silva**

Universidade de Federal Viçosa

Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-9710-8100>

**Victor Crespo de Oliveira**

Universidade Estadual Paulista – UNESP

Botucatu – São Paulo (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0003-2719-9972>

**Ana Carolina Chaves Dourado**

Universidade Federal de Viçosa-

Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-1106-1349>

**Letícia Duron Cury**

Universidade Estadual Paulista

Unesp Botucatu – São Paulo (Brasil)

<https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0003-2394-5069>

**Cássio Furtado Lima**

Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Pará - IFPA

<https://orcid.org/0000-0001-5461-1809>

<http://lattes.cnpq.br/4218769196783818>

**Érika Manuela Gonçalves Lopes**

Universidade Federal de Minas Gerais

Montes Claros – Minas Gerais (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-7518-8955>

**Marcos Antônio Pereira da Fonseca  
Maltez**

Universidade Estadual de Campinas –

Unicamp

<https://orcid.org/0000-0003-0941-8051>

**Matheus Mendes Reis**

Instituto Federal do Norte de Minas Gerais

(IFNMG)

Januária - Minas Gerais (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0003-2100-2438>

**Fabiane de Fátima Maciel**

Universidade de Federal Viçosa

Viçosa – Minas Gerais (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-7117-6965>

**Denis Medina Guedes**

Universidade de Federal Viçosa

Florestal – Minas Gerais (Brasil)

<0009-0004-9847-8471>

**Ariadna Faria Vieira**

Universidade Estadual do Piauí

Uruçuí – Piauí (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-1185-4269>

**Silvana Ferreira Bicalho**

Universidade Estadual do Sudoeste da

Bahia

Vitória da Conquista - Bahia (Brasil)

<https://orcid.org/0000-0002-5502-6430>

**RESUMO:** A expansão da produção de alimentos da atualidade contribuiu para que cada vez mais máquinas agrícolas fossem inseridas no meio rural a fim de garantir eficiência e rapidez no agronegócio. De um lado, a modernização do campo trouxe melhorias para o cultivo e para a colheita aumentando sua capacidade produtiva, mas por outro lado, apresenta mais riscos ao trabalhador que opera o maquinário agrícola. O trator é um dos mais importantes elementos para o desenvolvimento da agricultura, entretanto, se utilizado de forma incorreta pode se tornar um grande risco para seu operador e demais pessoas do ambiente. Fatores como extensa jornada de trabalho, falta de atenção na operação e falta de treinamento sobre a utilização correta das máquinas agrícolas, são as principais causas de acidentes no meio rural. Como consequência da negligência dos operadores, podemos citar colisões, capotamentos e atropelamentos. Esses acidentes podem ser evitados caso haja mais capacitação acerca da operação das máquinas agrícolas, uso correto de equipamentos de proteção e redução na jornada de trabalho. Levando em consideração a referida problemática, objetiva-se com este trabalho conhecer as causas mais recorrentes desses acidentes, bem como contribuir para uma diminuição de suas ocorrências, além de determinar quais equipamentos de proteção e condutas do operador são necessários nas atividades realizadas no setor agrícola.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segurança do trabalho; máquinas agrícolas; EPI.

**ABSTRACT:** The expansion of today's food production has contributed to more and more agricultural machines being inserted in rural areas in order to guarantee efficiency and speed in agribusiness. On the one hand, the modernization of the countryside has brought improvements to cultivation and harvesting, increasing its productive capacity, but on the other hand, it presents more risks to the worker who operates the agricultural machinery. The tractor is one of the most important elements for the development of agriculture, however, if used incorrectly it can become a great risk for its operator and other people in the environment. Factors such as long working hours, lack of attention during operation and lack of training on the correct use of agricultural machinery are the main causes of accidents in rural areas. As a consequence of operators' negligence, we can mention collisions, rollovers and pedestrian accidents. These accidents can be avoided if there is more training on how to operate agricultural machinery, the correct use of protective equipment and a reduction in working hours. Taking this problem into account, the aim of this work is to understand the most recurrent causes of these accidents, as well as to contribute to a reduction in their occurrences, in addition to determining which protective equipment and operator conduct are necessary in activities carried out in the agricultural sector.

**KEYWORDS:** Work safety; agricultural machinery; PPE.

## INTRODUÇÃO

O incremento da produtividade no setor alimentício contemporâneo desencadeou um notável avanço na produção de maquinários agrícolas, a fim de suprir a crescente demanda. A constatação dessa realidade evidencia que o setor de máquinas agrícolas tem experimentado um contínuo crescimento, pautado na busca incessante por tecnologias que assegurem eficiência e celeridade nos processos de produção. (Mendes e Monteiro, 2016).

Esse cenário reflete não apenas a necessidade de atender à demanda ampliada por alimentos, mas também a compreensão de que a otimização dos processos agrícolas é fundamental para a sustentabilidade e competitividade do setor. O aprimoramento tecnológico dos maquinários agrícolas torna-se, assim, uma resposta estratégica às exigências contemporâneas, permitindo não apenas o aumento da produção, mas também a melhoria da eficiência e a redução de impactos ambientais.

Lima et al., 2018, afirma que, com a mecanização agrícola, foi possível cultivar áreas de extensões cada vez maiores, o que contribuiu para o aumento considerável da capacidade de produção do setor e a aquisição cada vez maior dessas máquinas.

A adoção de tratores e implementos agrícolas promoveu uma significativa modernização no cenário rural, resultando em notáveis incrementos nos níveis de cultivo e colheita ao longo dos anos. Nesse contexto de avanços tecnológicos, destaca-se a relevância de uma condução apropriada dessas máquinas, uma vez que, embora simbolizem modernidade, também implicam riscos de acidentes para os operadores e demais indivíduos envolvidos. (Rocha e Monteiro, 2017; Zimmermann et al., 2019).

Essas tecnologias agrícolas representam não apenas um meio eficiente de aumentar a produtividade, mas também introduzem desafios significativos relacionados à segurança. A condução responsável dos tratores e implementos agrícolas torna-se, assim, imperativa para mitigar potenciais perigos no ambiente agrícola, garantindo a preservação da integridade dos operadores e a segurança geral.

Conforme Silveira et al. 2018 e Guinot, 2019 enfatizam que o trator é um dos mais importantes elementos para esse desenvolvimento da agricultura, porém quando utilizado de forma incorreta, pode se tornar um dos mais perigosos instrumentos de trabalho agrícola, ocasionando acidentes, algumas vezes, fatais.

Segundo Fehlberg et al., 2001, e Veiga et al., 2017, salienta-se que a produção em larga escala, aliada à desvalorização dos produtos primários comercializados na propriedade e ao aumento dos custos no setor agroindustrial, tem demandado uma ampliação da jornada de trabalho no campo. Este cenário potencialmente contribui para o aumento da incidência de acidentes, uma vez que os trabalhadores rurais estão constantemente expostos a diversos agentes que podem desencadear tais eventos.

No contexto agrícola, as atividades frequentemente demandam um considerável esforço físico por parte dos trabalhadores, mesmo quando estão utilizando máquinas.

Diversos fatores, como postura inadequada, exposição ao ruído, vibração, poeira, variações de temperatura, umidade, iluminação insuficiente e outros, podem estar presentes em níveis significativos e combinações que causam desgaste e fadiga. Esse desgaste torna os trabalhadores mais propensos a acidentes (Peripolli et al., 2017; Pauluk, Michaloski, 2016).

À medida que um indivíduo é exposto diariamente a esforço físico, com atividades que se repetem constantemente, cresce o risco de desenvolver distúrbios relacionados à fadiga dos tecidos, resultando em lesões. Isso é especialmente observado em operações com máquinas, onde uma variedade de movimentos repetitivos é executada dia após dia (Lima et al., 2019).

A operação de tratores agrícolas é altamente suscetível a acidentes (Fernandes et al., 2014) e, na maioria das vezes, a falta de conhecimento sobre a utilização correta desses equipamentos é negligenciada, sendo essa, a maior causa de imprevistos (Mendes e Monteiro, 2016; Alcantara et al., 2017; Araújo, 2018).

Em virtude do número de acidentes ocasionados por máquinas agrícolas no meio rural, este trabalho tem como objetivo conhecer as causas mais recorrentes desses acidentes, bem como contribuir para uma diminuição de suas ocorrências, além de determinar quais equipamentos de proteção e condutas do operador são necessários nas atividades realizadas no setor agrícola.

## **Justificativa da problemática**

A problemática dos acidentes causados por máquinas agrícolas no meio rural constitui um desafio complexo e multifacetado que merece reflexão e ação imediata. No cenário agrícola, onde a modernização e a mecanização são fundamentais para aumentar a eficiência, a segurança torna-se uma preocupação crítica.

Primordialmente, a falta de treinamento e conscientização dos operadores emerge como uma raiz significativa dos acidentes. Muitos trabalhadores rurais, sobretudo em pequenas propriedades, podem não receber a capacitação adequada sobre o manuseio seguro desses equipamentos.

A ausência desse conhecimento contribui diretamente para o aumento das taxas de acidentes, evidenciando uma lacuna crucial na preparação dos profissionais do setor.

Além disso, o envelhecimento da frota de máquinas agrícolas agrava a problemática. Muitas regiões rurais testemunham a persistência de equipamentos mais antigos, frequentemente desprovidos de sistemas de segurança modernos. O desafio reside não apenas na manutenção dessas máquinas, mas também na necessidade premente de atualização para incorporar tecnologias que minimizem riscos ocupacionais.

A imposição de longas jornadas de trabalho é outra faceta crítica. A pressão para atender a prazos apertados pode resultar em jornadas exaustivas, ampliando a probabilidade de fadiga e, por conseguinte, de erros operacionais. Essa condição cria um

ciclo prejudicial, impactando negativamente a segurança dos trabalhadores e a eficiência das atividades agrícolas.

As condições ambientais desafiadoras do meio rural, como terrenos acidentados, visibilidade reduzida e adversidades climáticas, constituem um contexto propício para acidentes. Estas variáveis, embora inerentes ao ambiente agrícola, exigem medidas específicas de prevenção e adaptação.

A questão do custo associado à implementação de equipamentos de segurança também se coloca como um desafio considerável. Para agricultores de menor porte, a aquisição de tecnologias de segurança pode representar um ônus financeiro significativo. Dessa forma, estratégias que conciliem a promoção da segurança com a viabilidade econômica devem ser exploradas.

A ausência de legislação específica e fiscalização eficaz no meio rural é outra preocupação crucial. A regulamentação inadequada ou sua inaplicabilidade contribui para práticas inseguras, destacando a necessidade de uma abordagem legislativa que priorize a segurança no trabalho agrícola. Em última análise, a problemática dos acidentes com máquinas agrícolas no meio rural é uma realidade multifacetada que demanda abordagens holísticas. Iniciativas que visem capacitar operadores, modernizar a frota de equipamentos, regular com eficácia e promover uma cultura de segurança no ambiente agrícola são essenciais para mitigar os riscos e preservar a integridade dos trabalhadores rurais.

## **METODOLOGIA**

Para realizar este estudo, foram reunidas informações contendo as principais causas de acidentes presentes em pesquisas anteriores, a fim de contribuir para que haja redução no número de acidentes de trabalho ocorridos por máquinas agrícolas. Por meio de revisão de literatura de artigos que abrangem essa temática, buscamos analisar e agrupar as questões de sinistros no meio rural envolvendo os operadores de tratores. As observações feitas pelos autores revelam um padrão nos tipos de acidentes e suas vítimas.

Dessa forma, foi possível identificar a origem dessas ocorrências. Os registros estudados consideram que os acidentes são ocasionados por mais de um agente, gerando, então, diferentes níveis de gravidade. Os autores apontam em seus trabalhos os fatores que acarretam acidentes na operação de tratores e implementos. Percebe-se que o comportamento e conhecimento sobre as máquinas por parte dos operadores são de extrema importância para causar ou prevenir acidentes. Fica claro que quanto mais se sabe sobre o que provocou tal eventualidade, são maiores as chances de evitar uma segunda ocorrência.

As etapas metodológicas deste estudo iniciaram com uma pesquisa em plataformas científicas digitais, abordando temas relacionados a acidentes com máquinas e implementos agrícolas. Para isso, empregamos palavras-chave específicas, a saber: (i) acidentes com

máquinas agrícolas; (ii) segurança no trabalho no setor agropecuário; e (iii) ergonomia na agricultura. Nota-se que demos preferência à seleção de trabalhos científicos publicados nos últimos cinco anos. Ao longo desta revisão, incorporamos um total de 27 fontes bibliográficas, incluindo artigos, dissertações e teses.

Os estudos publicados se concentraram, em sua maioria, na identificação das causas subjacentes a acidentes envolvendo máquinas agrícolas. Isso foi alcançado por meio de análises regionais, com base em dados fornecidos por órgãos competentes. Com base nesse conjunto de referências, construímos a revisão bibliográfica. Inicialmente, apresentamos uma visão geral do estado atual do conhecimento, destacando a relevância do tema. Posteriormente, compilamos informações que destacam as principais causas de acidentes relacionados ao uso de máquinas e implementos agrícolas.

## DESENVOLVIMENTO

De acordo com Rocha e Monteiro 2017 e Borges, 2022, muitos acidentes ainda ocorrem devido à negligência do operador, que coloca sua vida e de demais pessoas em risco, caso se envolva em acidente grave. O mesmo autor diz que para reduzir os casos de acidentes envolvendo tratores e outras máquinas agrícolas, é importante que sejam adotadas medidas de proteção, visando uma maior segurança no trabalho dos condutores. Queiroz e Queiroz 2014, afirmam que houve redução nos casos de acidentes do trabalho envolvendo máquinas e equipamentos agrícolas graças ao crescente investimento financeiro e a aplicação das normas de segurança do trabalho para esse setor.

Ianosc (2013) destaca a importância de conduzir uma análise abrangente de acidentes de trabalho em todas as áreas de uma empresa, incluindo detalhes como as partes do corpo afetadas e o número de dias perdidos no trabalho. A autora sustenta que essa abordagem por setor é essencial, visto que cada área pode apresentar diferentes tipos de riscos aos trabalhadores.

No que diz respeito às partes do corpo afetadas, a análise revela falhas decorrentes do uso inadequado dos equipamentos de proteção. Nesse sentido, a autora enfatiza a necessidade de determinar corretamente a forma de utilização desses equipamentos, contribuindo assim para a prevenção de acidentes e a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro. Parte superior do formulário

Segundo Lima et al., 2018, é fundamental que haja identificação e localização dos acidentes com tratores agrícolas para a elaboração de estratégias de controle e de políticas públicas voltadas para a prevenção. Apesar do número de acidentes com tratores agrícolas ser menor em comparação aos acidentes com veículos, a gravidade dos mesmos apresenta de 5 a 8 vezes mais fatalidades (Bellochio et al., 2018). O trator além de um equipamento para ser utilizado no campo tem sido empregado como meio de transporte, transitando em vias públicas, contribuindo para a ocorrência de acidentes (Schlosser et al., 2002). Rocha

et al., 2016, afirma em seu trabalho que o alto percentual de colisões evidencia que os tratores, ao trafegarem com frequência em vias públicas, se tornam um risco eminente pela diferença de velocidade com os demais veículos e dessa forma impõe insegurança ao operador e aos demais motoristas.

Conforme Schlosser et al. (2002), a implementação de dispositivos que visam tornar o trator mais confortável e seguro, o treinamento adequado dos operadores, e a redução da jornada de trabalho surgem como estratégias imperativas para a diminuição da incidência de acidentes envolvendo este tipo de máquina.

Segundo Mendes e Monteiro (2016), o conhecimento aprofundado sobre a correta utilização de tratores agrícolas está intrinsecamente vinculado à prevenção de acidentes. É crucial que o condutor esteja familiarizado com todos os componentes, controles, avisos de segurança e demais informações presentes no manual de operações do maquinário.

Além disso, ressalta-se a importância primordial do uso do cinto de segurança, em conjunto com a presença de estruturas de proteção ao capotamento (EPC) e estruturas de proteção individual (EPI). As recomendações incluem que o acesso à plataforma de operação do trator deve ocorrer sempre pelo lado esquerdo, com as mãos nos apoios e os pés nos degraus. Ao descer, é fundamental que o operador desça de costas, evitando descer de frente ou pular do trator, conforme destacado por Rocha e Monteiro (2017).

A legislação brasileira, por meio da NR 31, prevê a capacitação de operadores de máquinas agrícolas. Entretanto, ainda são poucos aqueles capacitados nas diversas regiões do país (Val, 2015). Segundo Schlosser et al., 2002, operadores sem treinamento adequado, a não observação de regras básicas de segurança e a longa jornada de trabalho são tendências verificadas que ampliam os riscos de ocorrência de acidentes nessa função. A inclusão de dispositivos que tornem o trator e implementos mais seguros e confortáveis, bem como o treinamento dos operadores são práticas de importância fundamental para a prevenção dos acidentes com estes equipamentos.

Conforme Fernandes et al. (2014), a predominância de acidentes está associada a atitudes inseguras. Em consonância com Schlosser et al. (2002), acidentes envolvendo tratores agrícolas, sejam eles graves ou leves, apresentam diferenças significativas quanto ao tipo e às causas. Nos casos mais graves, capotamentos se destacam como o tipo mais recorrente, frequentemente ocasionados pela falta de conhecimento acerca das normas de segurança e pela falta de atenção durante a execução da tarefa.

Já nos acidentes de natureza mais leve, escorregões figuram como o tipo mais comum, sendo majoritariamente ocasionados por limitações inerentes ao próprio equipamento, conforme apontado por Schlosser et al. (2002). Essas constatações ressaltam a necessidade de abordagens específicas para prevenção, considerando as características distintas dos acidentes agrícolas em suas diversas gravidades.

Rocha et al., 2016 e Borges et al., 2018 e Simões et al., 2016 afirmam que os tipos de sinistros mais recorrentes foram as colisões, capotamentos e atropelamentos. Fernandes

et al., 2014, cita em seu trabalho que o acidente de maior ocorrência foi o contato com as partes ativas do trator. Já Val 2015, verificou que durante a manutenção das máquinas agrícolas foi onde ocorreu maior número de acidentes, fato justificado pela falta de atenção e de capacitação, sendo as principais causas dos acidentes ocorridos.

Os autores Lima et al., 2018, Monteiro et al., 2012 e Fernandes et al., 2014 e Andrade, 2017 também concluíram em seus estudos que as principais causas de ocorrência dos acidentes foram a falta de atenção do operador juntamente com a falta de treinamento para conduzir o trator. Mendes e Monteiro 2016, acrescentam que alguns dos principais erros que os ocasionaram o envolvimento de tratores em acidentes, além dos citados, foram a falta de uso de equipamentos de segurança obrigatórios e vestimenta adequada.

Silveira et al., 2018 conclui sua pesquisa abordando a necessidade de investimento na capacitação dos operadores de tratores e máquinas agrícolas, a fim de buscar a sua utilização de forma correta e segura, procurando assim reduzir o número de acidentes no campo. Ao analisar a importância de se ter uma segurança adequada na condução de tratores e implementos agrícolas, decidiu-se ilustrar as principais precauções de segurança que devem ser tomadas para evitar danos à saúde do trabalhador (Monteiro e Silva, 2009).

## **Precauções de Segurança**

Antes de iniciar o trabalho, o operador deve fazer uma leitura do manual de instrução fornecido pelo fabricante a fim de conhecer os comandos e controles da máquina, e dessa forma estar mais seguro ao operá-la. Recomenda-se utilizar o cinto de segurança se o trator estiver equipado com Arco de Segurança ou estrutura de proteção contra capotamento (EPCC). O cinto de segurança não deve ser utilizado se o trator não possui arco de segurança ou EPCC.

É aconselhado o acesso à plataforma de operação pelo lado esquerdo do trator sem segurar no volante; descer sempre de costas colocando as mãos nos apoios e os pés nos degraus; e manter a plataforma do operador e os degraus livres de graxa, lama ou sujeira. Não sobrecarregar o trator ou operar com implementos que estejam fora das condições de segurança ou sem manutenção adequada. Manter sempre os decalques de segurança limpos, legíveis e se houver danificação, substitui-los. Ao transportar outras pessoas no trator além do operador, utilizar carretas ou plataformas para o transporte, jamais na cabine.

O motor deve ser colocado em movimento somente quando o operador estiver acomodado em seu assento, ao parar o motor deve-se aplicar o freio de estacionamento antes de descer do trator e jamais permaneça com o motor em funcionamento em locais fechados, uma vez que os gases do escapamento podem causar sérios riscos à saúde por intoxicação.

Antes de acoplar ou desacoplar qualquer equipamento acionado pela tomada de potência (TDP) é necessário parar o motor e esperar até que o eixo pare de girar e jamais

se aproximar da TDP utilizando roupas largas ou folgadas que possam se prender em qualquer uma das partes rotativas.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, por meio deste estudo, que os acidentes envolvendo máquinas agrícolas apresentam causas diversas, podendo resultar em consequências fatais para as vítimas. As causas mais recorrentes derivam da falta de treinamento dos operadores de tratores e implementos, bem como da ausência de atenção durante sua condução. Com vistas à prevenção e redução desses incidentes, torna-se imperativo adotar medidas que visem tornar os tratores mais seguros e confortáveis.

Para atingir tal objetivo, é necessário implementar ações como oferecer capacitação aos operadores, abrangendo a compreensão do manual de operações fornecido pelo fabricante e a familiarização com os controles e avisos de segurança. O uso adequado dos equipamentos de proteção também se mostra essencial. Adicionalmente, a redução da jornada de trabalho surge como uma prática significativa para mitigar os riscos associados a acidentes com máquinas agrícolas.

Essas medidas, quando aplicadas de maneira integrada, contribuem não apenas para a segurança dos operadores, mas também para a prevenção eficaz de incidentes, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável no setor agrícola.

## REFERÊNCIAS

ALCANTARA, M. P. et al. Avaliação dos riscos de acidentes no uso de tratores agrícolas, em uma usina no estado de Alagoas. **South American Journal of basic education, technical and Technological, Rio Branco**, v. 4, n. 1, 2017.

ARAÚJO, K. L. B. Ruído e vibração incidentes ao operador de um quadriciclo agrícola. 2018. 99. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.**

ANDRADE, P. A. M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: ruído, temperatura e iluminação no posto operacional de tratores agrícolas.** 2017. 96 f. Dissertação (Mestrado em Energia da Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

BELLOCHIO, S. D. C.; ALONÇO, A. S.; POSSEBOM, G.; LOPES, T. G. Evolução da intensificação do tráfego e a incidência de acidentes com tratores agrícolas nas vias públicas brasileiras. **Tecno-Lógica, Santa Cruz do Sul**, v. 22, n. 2, p. 167-173, jul. 2018. Disponível em: <<https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/11978/7422>>. Acesso em: 20 maio. 2023.

BELLOCHIO, S. D. C. et al. “Estado da arte” sobre as publicações científicas envolvendo acidentes com tratores nas vias públicas do Brasil. **Revista Agricultura na Engenharia**. Viçosa, v. 26, n. 6, 2018.

BORGES, R. Z. Norma regulamentadora 31 do setor agrícola, **Revista cultivar**, 2020. Disponível em: . Acesso em: 05 de maior de 2022.

W. N. Caracterização de acidentes com tratores agrícolas por região, **Rev. Encontros Universitários da UFC**, v. 3, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/35430>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FEHLBERG, M. F.; SANTOS, I.; TOMASI, E. Prevalência e fatores associados a acidentes de trabalho em zona rural. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 35, n. 3, p. 269-275, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102001000300009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102001000300009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 18 Abril. 2023.

FERNANDES, H. C.; MADEIRA, N. G.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; LEITE D. M. Nota técnica: acidentes com tratores agrícolas: natureza, causas e consequências, **Rev. Engenharia na Agricultura - REVENG**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 361-371, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/358>>. Acesso em: 27 de Abril de 2023.

GUINOT, K. O. **Acidentes com tratores agrícolas e a interrupção de um projeto de vida: A construção da cultura da prevenção**. 2019. 146 p. Tese (Doutorado em engenharia Agrícola) Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2019.

IANOSKI, T. F. **Análise dos acidentes de trabalho em uma indústria de máquinas agrícolas da CIC em 2013**, Curitiba, 2014, 61p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Medicina do Trabalho), Departamento de Saúde Comunitária da Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/46803/R%20-%20E%20-%20THAYS%20FAUCZ%20IANOSKI.pdf>>. Acesso em: 13 março. 2023.

LIMA, I. O.; MONTEIRO, L. A.; SILVEIRA, W. M.; OLIVEIRA, J. L. P.; FILHO, L. G. S. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas no território brasileiro, **Rev. Encontros Universitários da UFC**, v. 3, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/35431>>. Acesso em: 20 Março. 2023.

MASSEY FERGUSON. Centro de Treinamento. Operação e Manutenção de Tratores MF. Canoas, 1989.

MENDES, B. M. S.; MONTEIRO, L. A. A importância do conhecimento sobre a utilização correta de máquinas agrícolas e sua relação com a prevenção de acidentes, **Rev. Encontros Universitários da UFC**, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/14897>>. Acesso em: 19 de Maio. 2023.

MONTEIRO, L. A., SILVA, P. R. A. Operação com tratores agrícolas, 1<sup>a</sup> Edição. Botucatu: 2009. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154\\_motores\\_e\\_tratores/Literatura/Livro%20opera%E7%E3o%20com%20tratores%20agr%EDcolas.pdf](http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/varella/Downloads/IT154_motores_e_tratores/Literatura/Livro%20opera%E7%E3o%20com%20tratores%20agr%EDcolas.pdf)>. Acesso em: 18 abril. 2023.

MONTEIRO, L. A.; SANTOS, V. C.; ALBIERO, D.; MOTA, W. A.; CAVALCANTI, E. S. Caracterização dos acidentes com máquinas agrícolas ocorridos em rodovias federais brasileiras. In: **X Congreso Latinoamericano y del Caribe de Ingeniería Agrícola e XLI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola CLIA/CONBEA, Londrina, 2012**. Disponível em: <[http://www.lima.ufc.br/arquivos\\_pdf/20140107113434.pdf](http://www.lima.ufc.br/arquivos_pdf/20140107113434.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2023.

PAULUK, D.; MICHALOSKI, A. O. Análise ergonômica do trabalho nas atividades de preparo do solo com trator agrícola. **Revista Espacios, Caracas**, v. 37, n. 4, 2016.

PERIPOLLI, J. L. Z.; ALONÇO, A. S.; POSSEBOM, G. Conformidade do espaço livre de tratores agrícolas e itens de segurança obrigatórios segundo as normas, NBR/ISO 4252 e NR 12. **Tecnologia. Santa Cruz do Sul**, v. 21, n. 12, 2017.

QUEIROZ, H. S.; QUEIROZ, A. L. Características dos acidentes de trabalho com máquinas do setor agrícola nas regiões brasileiras. In: **XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA, Campo Grande**, 2014. Disponível em: <<http://conbea14.sbea.org.br/2014/livro/R0554-1.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

ROCHA, D. O.; MONTEIRO, L. A. Precauções de segurança na operação com máquinas agrícolas, **Revista Encontros Universitários da UFC**, v. 2, n. 1, 2017. Disponível em:<<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/28048>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

ROCHA, D. O.; MONTEIRO, L. A.; SIQUEIRA, D. X.; ALBIERO, D. Tipos de acidentes com máquinas agrícolas ocorridos em São Paulo entre os anos de 2010 a 2014, **Rev. Encontros Universitários da UFC**, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em:<<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/15463>>. Acesso em: 20 Maio. 2023.

SCHLOSSER, J.F.; DEBIASI; H.; PARCIANELLO, G.; RAMBO, L. Caracterização dos acidentes com tratores agrícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.6, p.977-981, 2002. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/331/33132610.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SILVEIRA, W. M., MONTEIRO, L. A., SILVA, M. P., SOUZA, J. W. N., NASCIMENTO, E. M. S. Acidentes envolvendo máquinas agrícolas no nordeste brasileiro. **Rev. Encontros Universitários da UFC**, v. 3, n. 1, 2018. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufc.br/eu/article/view/35352>>. Acesso em: Jul. 2023. SLC JOHN DEERE S.A. Manual de operação, 2008.

SIMÕES, D. et al. Ergonomic characterization of three sugar cane harvester machinery models. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 724-729, 2016.

VAL, V. L. P. **Acidentes com máquinas e implementos agrícolas na região de Monte Carmelo, Minas Gerais**, Uberlândia, 2015, 37p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia), Universidade Federal de Uberlândia, 2015. Disponível em:<<http://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19455/3/AccidentesMaquinasImplementos.pdf>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

VEIGA, R. K. et al. Caracterização de acidentes com tratores de rabiças no cultivo da cebola em Santa Catarina, **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 35, n. 1, 2017.

ZIMMERMANN, et al. Acidentes com tratores agrícolas no Alto Vale do Itajaí ao não atendimento da NR 31. **Brazilian Journal of development**. Curitiba, v. 5, n. 12, 2019.

## CAPÍTULO 7

# MAPEAMENTO E SELEÇÃO DE INDICADORES DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO SOCIODEMOGRÁFICO DA AMAZÔNIA

---

*Data de submissão: 07/12/2023*

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Maria Fernanda Coghi**

Pontifícia Universidade Católica de  
Campinas  
Escola de Ciências Humanas, Jurídicas e  
Sociais  
Faculdade de Serviço Social  
Campinas, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2754733784006835>

### **Duarcides Ferreira Mariosa**

Pontifícia Universidade Católica de  
Campinas Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Sustentabilidade  
Campinas, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/8846654409867605>

### **Orandi Mina Falsarella**

Pontifícia Universidade Católica de  
Campinas Programa de Pós-Graduação  
Stricto Sensu em Sustentabilidade  
Campinas, São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/658940425071341>

**RESUMO:** Na perspectiva de que a mudança climática se faz sentir de modo contundente no modo como a água circula, sugeriu-se neste estudo que indicadores sociodemográficos correspondentes aos impactos na gestão dos recursos hídricos podem ser recolhidos em espaços

territoriais os mais divergentes, mas que sujeitos às mesmas dimensões operativas da sustentabilidade: o ambiental, o econômico e o social. Perguntou-se, neste estudo, se, ao examinar as variáveis que estão presentes e operam nas atividades extrativistas realizadas na Amazônia, seria possível estabelecer um quadro referencial para uso em outra configuração sistêmica distinta, no caso em bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos. Numa abordagem metodológica sistêmica, buscou-se, então, estabelecer e reconhecer os impactos da atividade humana no ambiente e, com isso, identificar os componentes socioeconômicos, sociodemográficos e socioambientais que avaliam a sustentabilidade. Propôs-se realizar uma revisão bibliográfica sobre extrativismo na Amazônia e sua base sociodemográfica, dado que tais informações se acham disponíveis para consulta e análise em documentos e artigos científicos publicados em revistas acadêmicas. A pesquisa aqui delineada caracterizou-se, portanto, por sua natureza aplicada, de caráter exploratório, com abordagem qualitativa e quantitativa de dados coletados em base bibliográfica. Como principal resultado a pesquisa não produziu uma cesta de indicadores

sociodemográficos no contexto amazônico que sejam pertinentes para outros usos, conforme foi proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Recursos Hídricos; Sustentabilidade; Extrativismo na Amazônia; Indicadores.

## MAPPING AND SELECTION OF INDICATORS FOR ASSESSING SUSTAINABILITY IN THE SOCIODEMOGRAPHIC CONTEXT OF THE AMAZON

**ABSTRACT:** From the perspective that climate change is strongly felt in the way water circulates, it was suggested in this study that sociodemographic indicators corresponding to the impacts on the management of water resources can be collected in the most divergent territorial spaces, but which are subject to the same operational dimensions of sustainability: environmental, economic and social. In this study, the question was whether, by examining the variables that are present and operating in extractive activities carried out in the Amazon, it would be possible to establish a reference framework for use in another distinct systemic configuration, in this case in river basins and water resources management. Using a systemic methodological approach, we then sought to establish and recognize the impacts of human activity on the environment and, thereby, identify the socioeconomic, sociodemographic and socio-environmental components that assess sustainability. It was proposed to carry out a bibliographical review on extractivism in the Amazon and its sociodemographic base, once such information is available for consultation and analysis in documents and scientific articles published in academic journals. Therefore, the research outlined here was characterized by its applied nature, of an exploratory character, with a qualitative and quantitative approach of data collected on a bibliographic basis. As a main result, the research did not produce a basket of sociodemographic indicators in the Amazonian context that are relevant for other uses, as proposed.

**KEYWORDS:** Water Resources Management; Sustainability; Extractivism in the Amazon; Indicators.

## 1 | INTRODUÇÃO

A escassez hídrica, atualmente vivenciada com maior rigor na região sudeste do Brasil, sujeita-se a agravar ainda mais devido às condições ambientais, econômicas e sociodemográficas impactando os mananciais e alterando, de muitas formas, o equilíbrio do ciclo hídrico. Em busca de soluções ou de ferramentas que possam auxiliar nos processos de tomada de decisão, o pesquisador é chamado a dirigir seu olhar para além das paisagens e contextos habituais. Uma dessas possibilidades é explorar as especificidades do contexto social amazônico, extraíndo daí matrizes para a construção de indicadores de avaliação de sustentabilidade aplicados à gestão de recursos hídricos. A experiência, o conhecimento e as soluções geradas a partir de outras situações concretas podem enriquecer o aprendizado, destacar novos caminhos e contribuir para resolver problemas específicos, servindo como modelos de referência.

A importância e o significado do bioma amazônico vão além de sua vasta extensão

territorial e das inúmeras espécies animais e vegetais nele abrigadas, muitas ainda desconhecidas (BECKER, 2005). O potencial econômico do bioma em termos de recursos minerais e biodiversidade ainda não foi plenamente realizado devido a estruturas logísticas insuficientemente desenvolvidas. A contribuição insubstituível e diferenciada da Amazônia está na estabilidade do clima, principalmente na regulação da circulação hídrica nos estados brasileiros e demais países sul-americanos localizados abaixo da região amazônica. Como as mudanças climáticas continuam a impactar a circulação da água e a preservação do meio ambiente, a produção econômica sustentável e a inclusão sociocultural equitativa das populações locais no contexto amazônico são imperativas (FEARNSIDE, 2015). Identificar os fatores que operam na relação entre as dimensões sociais, econômicas e ambientais das comunidades que vivem os desafios e oportunidades na região poderia auxiliar em muito à gestão sustentável dos recursos hídricos em outros contextos.

A gestão dos recursos hídricos requer a implementação de planos, projetos, propostas e ações que busquem garantir a estabilidade e equilíbrio entre oferta e demanda desse recurso que é indispensável à sobrevivência humana - a água -, considerando ainda todos os seus demais usos.

Sem dúvida, a implementação das ações previstas em planos de bacias, eficientemente organizadas e executadas nos diversos níveis operacionais, trará resultados e consequências. No entanto, qual seria a natureza dessas consequências? Como os vários componentes, classes, grupos e subgrupos do sistema de circulação de água serão afetados? Para o gestor dos recursos hídricos, a grande preocupação é saber em que medida os efeitos e resultados das ações implementadas contribuirão para a sustentabilidade sistêmica dos recursos hídricos naquele território, seja considerando a bacia hidrográfica como um todo ou qualquer de suas partes.

A partir de uma abordagem metodológica precisa, ajustada ao interesse de reconhecer e estabelecer os componentes socioeconômicos, sociodemográficos e ambientais que avaliam a sustentabilidade, este estudo buscou saber em que medida as variáveis presentes e atuantes nas atividades realizadas na Amazônia forneceriam um quadro de referência para uso em outro ambiente sistêmico específico.

## 2 | ABORDAGEM METODOLÓGICA

Com o objetivo de mapear e selecionar os indicadores sociodemográficos susceptíveis de serem utilizados na avaliação da sustentabilidade das ações e gestão dos recursos hídricos, realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o perfil sociodemográfico e socioeconômico das comunidades que retiram seu sustento e que habitam no interior da Amazônia, dada a disponibilidade de informações em documentos e artigos científicos publicados em periódicos acadêmicos.

A pesquisa aqui delineada se destaca pela sua natureza aplicada, de caráter

exploratório, com abordagem qualitativa e quantitativa de dados coletados em base documental e bibliográfica. A coleta de dados foi realizada a partir de uma busca avançada, delimitada por uma equação booleana que fizesse a decantação dos artigos científicos publicados com descriptores circunscritos aos indicadores de avaliação da sustentabilidade sociodemográfica no contexto do extractivismo na Amazônia, em revistas indexadas disponibilizadas nas bases de dados no Portal de Periódicos CAPES. As bases selecionadas foram Scopus e Web of Science. As publicações foram levantadas a partir de funções booleanas e pela combinação de algumas palavras-chave: “amazon”, “sociodemographic” e “extractivism”, do intervalo de publicação entre 2013 e 2023.

Os dados coletados foram reunidos na plataforma Zotero, e tratados com uma ferramenta de análise e seleção de literatura, Rayyan. Através desta, foi possível realizar o estudo dos artigos e destacar aqueles que pudessem colaborar com os objetivos do projeto. Os critérios de inclusão/exclusão para essa seleção foram “tocar a questão hídrica” ou “colaborar para formação de indicadores”. Posteriormente foi utilizada a estratégia PICO para o tratamento dos artigos selecionados para a construção da cesta de indicadores pretendida.

### 3 | RESULTADOS

Com o objetivo de se constatar o estado da arte, foi feita uma primeira busca e análise da documentação.

Na base Web of Science foram encontrados 138 artigos pela combinação “amazon” e “sociodemographic”, e 66 pela combinação “amazon” e “extractivism”. Na base Scopus, por sua vez, foram encontrados 1231 pela primeira e 769 pela segunda. Ambas as combinações incluíram um filtro de tempo - somente artigos publicados entre 2013 e 2023.

A plataforma de seleção de bibliografia utilizada foi o Rayyan. Ao serem todos transferidos (total de 2384), a plataforma detectou 360 duplicatas. O critério de escolha foi aquele que apresentasse um resumo mais detalhado.

Após exclusão de duplicatas, sobraram 2204 artigos.

Foram separadas todas as publicações categorizadas como “revisão sistemática”, “meta-análise” e “revisão de literatura”, totalizando 57 publicações. Estas foram analisadas segundo título e resumo – se teriam relação com a pergunta chave “Quais são os Indicadores de Sustentabilidade Usados no Contexto Sociodemográfico da Amazônia e da Gestão de Recursos Hídricos?”.

Foram excluídos 56, e um foi separado na seção “talvez” para posterior análise mais profunda e detalhada. Nenhum deles trata a respeito do tema do projeto: sustentabilidade de gestão de recursos hídricos. Aquele reservado na categoria “talvez”, por sua vez, foi reavaliado e, também, excluído.

Nota-se, portanto, que não há na literatura disponível nos últimos dez anos nenhuma

revisão sistemática a respeito do tema aspirado. Evidencia-se, então, a importância desta pesquisa.

Excluídos e analisados os artigos extraídos das bases de dados e verificada a importância da pesquisa, iniciou-se o tratamento dos artigos com os quais poderíamos trabalhar e construir a cesta de indicadores almejada pela pesquisa. Essa filtragem foi feita a partir da estratégia PICO.

Através da plataforma Rayyan (OUZZANI, 2016), a população foi selecionada na seção “keywords for include” e o outcome na própria seção “Outcome (PICO)”. A primeira representada pelas palavras-chave “amazon”, “sociodemographic”, “sustainability”, “indicators”; o segundo pelas palavras “index”, “sociodemographic”. Essa concatenação resultou em 16 artigos. Cada um deles foi analisado, e 13 excluídos por não tocar a questão hídrica ou não colaborar para a seleção de indicadores.

Os 3 restantes foram estudados com mais profundidade a fim de, a partir deles, compor a cesta de indicadores almejada pela pesquisa. A comparação pela estratégia PICO está evidenciada na Figura 1.

Artigo Analisado	Sá, Aline Barreto et al. Fish consumption frequency and lipid peroxidation in the riverside population of lower Tocantins, Pará. <i>Nutrição Clínica e Dietética Hospitalaria</i> , v. 39, n. 1, p. 64-68, 2019.	Navarro JP, Espinosa MM, Terças-Trettel ACP, Silva JHD, Schuler-Faccini I, Atanaka M. Knowledge and actions for the control of the vector <i>Aedes aegypti</i> in a municipality in the Legal Amazon. <i>Rev Inst Med Trop São Paulo</i> . 2021 Aug 16;63:e64.	Augusto de Oliveira Guerra J, Vale Barbosa Guerra MdG, Vasconcelos ZS, da Silva Freitas N, Rodrigues Fonseca F, Celso Andrade da Silva Júnior R, et al. (2019) Socioenvironmental aspects of the Purus Region - Brazilian Amazon: Why relate them to the occurrence of American Tegumentary Leishmaniasis? <i>PLoS ONE</i> 14(2): e0211785.
País	Brasil	Brasil	Brasil
População	População ribeirinha de residência permanente no município de Limoeiro do Ajuru, entre 13 e 86 anos, sem doenças agudas ou uso ilícito de substâncias psicoativas	Habitantes do município de Tangara da Serra, Mato Grosso (amostra probabilística)	Casos de Leishmaniose Tegumentar Americana na região do Purus
Intervenção	Avaliação da relação entre frequência de consumo de peixe, exposição e concentração de mercúrio, e intensidade de peroxidação lipídica nos rios.	Associar o conhecimento sobre o vetor transmissor de dengue, zika e chikungunya com as características sociodemográficas e comportamentos preventivos relacionados ao mesmo.	ANálise de fatores relacionados a ocorrência de Leishmaniose na região do Purus e a correlação com agricultura familiar de subsistência e características sociodemográficas
Comparação	Revisão de formulários de pesquisa sociodemográfica, análise da concentração de mercúrio em amostra de cabelo e de sangue.	Questionário sobre características sociodemográficas, conhecimento sobre o <i>Aedes Egypti</i> , informações sobre abastecimento de água e práticas preventivas de controle de infecções por arbovírus, e análise comparativa das variáveis.	Comparação entre o número mensal de casos de Leishmaniose, a caracterização desses casos, os índices pluviométricos e o IDH - Índice de Desenvolvimento Humano.
Resultado (Outcome)	Os ribeirinhos da região estudada apresentam alto consumo de pescado e baixas concentrações de mercúrio. Embora o grupo com baixo consumo de pescado apresentasse níveis mais elevados de malondialdeído (MDA) não houve diferença significativa quando comparado com outros grupos.	A associação positiva com conhecimento inadequado ou insuficiente sobre o vetor transmissor de dengue, zika e chikungunya encontrada neste estudo sugere que indivíduos com menor escolaridade possuem menor conhecimento, confirmando a necessidade de melhoria da comunicação e de ações educativas em saúde que atendam às demandas de cada população, considerando uma linguagem acessível e conhecimentos prévios.	A Leishmaniose Tegumentar Americana atinge principalmente populações de baixa renda e baixa escolaridade, e vive principalmente na Amazônia. A grande maioria dos indivíduos que adquiriram a doença desenvolve trabalho na floresta, principalmente o extrativismo, que constitui uma estratégia fundamental para a sobrevivência do homem amazônico.
Conclusão	As variáveis sociodemográficas utilizadas na pesquisa, gênero, idade, raça, escolaridade, estado civil, ocupação e renda mensal não são explicativas para os níveis de concentração de mercúrio em amostra de cabelo e sangue.	Entre as variáveis sociodemográficas utilizadas na pesquisa, gênero, idade, escolaridade, raça e estado civil, apenas a variável “escolaridade” está associada ao nível de conhecimento de práticas preventivas. Contudo, a disponibilidade de água por rede de abastecimento, reservatório e água potável possuem forte associação positiva para o controle da disseminação das doenças de veiculação hídrica.	As variáveis sociodemográficas utilizadas na pesquisa incluem gênero, idade, forma clínica e ocupação, adaptada e organizada em grupos. Nesta análise, a ocupação é significativamente positiva para a explicação dos casos da doença. O extrativismo é marcado principalmente pela extração do látex e da castanha-do-pará, mas também, por um histórico que inclui a extração de madeira, mudanças no estilo de vida, dificuldades de acesso aos serviços de saúde e impactos ambientais.

Figura 1 - Quadro PICO

Fonte: adaptado de Sá et al, 2019; Navarro et al, 2021; Guerra et al, 2019.

## 4 | CONCLUSÕES

Nos termos e de acordo com as técnicas empregadas, a análise e reflexão dos resultados obtidos nessa pesquisa não produziu uma cesta de indicadores sociodemográficos no contexto amazônico que sejam pertinentes para uma posterior composição de avaliação de sustentabilidade na gestão de recursos hídricos.

Ainda que o caminho metodológico tenha sido extenso, cientificamente rigoroso e assertivo, certamente que os resultados alcançados não podem ser generalizados, nem esgotados em si mesmo. Por isso, é imperativo que a academia e os grupos de pesquisa se debruçem sobre essa temática e que haja mais estudos em torno de descritores que possam contribuir para a avaliação da sustentabilidade com atenção especial à cada caráter dela – não somente econômico, mas ambiental e social. O impacto da gestão dos recursos hídricos deverá ser observado também no ambiente e nas populações afetadas.

Diante dos desafios e limites encontrados na pesquisa aqui relatada, sugere-se que outros descritores ou marcadores sociodemográficos sejam utilizados para avaliar os efeitos da mudança climática no contexto da gestão dos recursos hídricos, tais como aqueles que observem associações entre “gênero”, “idade”, “raça/etnia”, “escolaridade”, “estado civil”, “ocupação”, “renda mensal” e “disponibilidade de água na rede”, “armazenamento de água (tanques)”, “água potável” e “variação climática”, sugeridos nos artigos analisados.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi possível graças à Bolsa de Iniciação Científica outorgada Pontifícia Universidade Católica de Campinas, modalidade FAPIC/Reitoria.

## REFERÊNCIAS

BECKER, Bertha K. **Geopolítica da amazônia. Estudos avançados**, v. 19, n. 53, p. 71–86, 2005.

FEARNSIDE, PHILIP M. **Rios voadores e a água de São Paulo 2: a reciclagem da água**. Amazônia Real, v. 16, 2015.

Guerra, J. A. O. et al. **Socioenvironmental aspects of the Purus Region-Brazilian Amazon: Why relate them to the occurrence of American Tegumentary Leishmaniasis?**. PLoS One, V. 14, N. 2, 2019.

OUZZANI, Mourad et al, **Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews**, Systematic reviews, v. 5, n. 1, p. 1–10, 2016.

SÁ, A. B. et al. **Fish consumption frequency and lipid peroxidation in the riverside population of Lower Tocantins**, Pará. Nutr. clín. diet. hosp, 64-68, 2019.

NAVARRO, J. P. et al. **Knowledge and actions for the control of the vector Aedes aegypti in a municipality in the Legal Amazon**. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, 2021.

## CAPÍTULO 8

# EDUCAÇÃO AMBIENTAL: CORRELAÇÃO DOS ODS COM SOCIEDADE, NATUREZA E CULTURA

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Sérgio Marques Costa**

Professor Doutor, UNOESTE, Brasil

**Mozer Teixeira de Castro**

Mestrando, UNOESTE, Brasil

(x) Relações com as culturas ancestrais e comunidades vulneráveis: Vivendo a sustentabilidade com justiça socioambiental. (ODS: 01,02, 15 e 16)

**RESUMO:** Considerando que a relação entre sociedade, natureza e cultura é complexa e interconectada, merece uma reflexão profunda e nem sempre harmoniosas. Por isso, é necessário buscar um equilíbrio sustentável, onde possamos satisfazer nossas necessidades e aspirações. Essas reflexões também nos leva a reconhecer a interdependência entre todos os aspectos da vida em nosso planeta. Somos parte integrante da natureza e nosso bem-estar está intrinsecamente ligado ao seu equilíbrio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sociedade; Natureza; Cultura; Correlação ODS.

## INTRODUÇÃO

Historicamente, o capitalismo subsidiado pela ciência e pela tecnologia moderna consolidou processos de desumanização da natureza e desnaturamento do homem, elaborados pelas etapas da construção da ciência moderna, baseada no racionalismo, confirmado externalidades recíprocas entre o homem e a natureza, ou seja, o homem entendido como ser excluído do conceito de natureza, estando acima desta, pela superioridade de sua propriedade racional, legitimando a degradação da natureza, percebida meramente como fonte inesgotável dos mesmos recursos, pois, considerava- se que a natureza possuía mecanismos e engrenagens, tal como as máquinas, quea capacitava a reproduzir- se eternamente de maneira homogênea (SOARES, 2004)

A correlação entre sociedade, natureza e cultura é uma relação complexa e interdependente. A cultura molda a forma como a sociedade percebe, utiliza e

valoriza a natureza, ao mesmo tempo em que a sociedade tem um impacto significativo no ambiente natural. A compreensão dessa correlação é essencial para promover uma abordagem sustentável e equilibrada em relação aos recursos naturais e ao meio ambiente.

Desde as grandes navegações, a exploração dos bens naturais em prol do crescimento econômico, nos moldes do sistema pré-capitalista e posteriormente capitalista, provocou a desestruturação e o desequilíbrio ambiental e social, tendo em vista que diversas sociedades com culturas ímpares foram dizimadas ao longo dos anos. Na atualidade, à medida que a urbanização e os grandes centros urbanos dominam a fisionomia de muitas cidades, a influência a importância da natureza vêm sendo prejudicadas, reflexo da perda de conexão entre sociedade e natureza (FEIO e DIAS, 2017).

## METODOLOGIA

O conceito de Sociedade, Natureza e Cultura, trouxe luz sobre vários assuntos, dentre eles: o ecossocialismo, com o pensamento de Michel Lowy, que trata da abordagem política que busca integrar os princípios do socialismo e da sustentabilidade ambiental. Reconhece a interdependência entre os sistemas sociais e ecológicos, e busca superar as desigualdades sociais enquanto promove a preservação dos ecossistemas (LÖWY, 2021). Nesse contexto, os produtos orgânicos desempenham um papel fundamental.

Os produtos orgânicos são cultivados utilizando práticas agrícolas que evitam o uso de agrotóxicos. Esses métodos de produção estão alinhados com os princípios do ecossocialismo, que busca minimizar o impacto humano sobre o meio ambiente e promover a saúde dos ecossistemas. Os produtos orgânicos priorizam a saúde do solo, a biodiversidade e a conservação dos recursos naturais, contribuindo para a construção de um sistema agrícola mais sustentável.

Dentre vários assuntos trabalhados, gostaríamos de trazer à baila, também, temas sobre a miscigenação racial no nosso país.

A miscigenação no Brasil tem suas raízes na colonização, que trouxeram escravos e estabeleceram relações com os povos indígenas nativos. Essa mistura de várias raças com o povo indígena deu origem a uma sociedade marcada pela multiplicidade de cores de pele, traços faciais e culturas.

O Pensamento Social Brasileiro no Século XIX: A Construção do Preconceito Racial, amiscigenação é vista com maus olhos quando da chegada da Família Real, onde é mostrado, que havia uma classe específica privilegiada e a população negra e mestiça pobre ocupava sempre um lugar periférico, ou era simplesmente esquecidos e ignorados. A autora mostra que a construção do preconceito racial trouxe consequências graves para a sociedade brasileira e a discriminação tornou-se estrutural na sociedade de hoje (LEITE, 2016).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) é um conjunto de metas estabelecidas pelas Nações Unidas como parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. São ações de todos os países e organizações para enfrentar os principais desafios sociais, econômicos e ambientais.

Os ODS compreendem um conjunto de 17 objetivos ambiciosos, que abrangem uma ampla gama de áreas temáticas. Vale ressaltar que, as discussões voltadas para a sustentabilidade do meio ambiente ganharam força a partir do ano de 1972, com a realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, Suécia, definindo no final a Declaração da Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o Meio Ambiente (BARBOSA et al., 2016).

Dentre os ODS relacionados podemos citar 04 que se correlacionam com os assuntos já elencados, são elas:

- ODS 01 – Erradicação da Pobreza – Erradicar a pobreza em todas as formas e em todos os lugares. A seguir a figura 01, ilustra o ODS 01:



Fonte: Sítio (ONU) – <https://brasil.un.org/pt-br>, 2023

A ODS 01 reconhece que a pobreza é uma questão complexa e multidimensional que afeta muitas pessoas em todo o mundo. Ela aborda a necessidade de garantir o acesso a recursos básicos, serviços essenciais, sistemas de proteção social e oportunidades econômicas para todas as pessoas, especialmente as mais vulneráveis.

- ODS 02 – Fome Zero e Agricultura Sustentável – Erradicar a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável
- A seguir a figura 02, ilustra o ODS 02:



Fonte: Sítio (ONU) - <https://brasil.un.org/pt-br>, 2023

Reconhece que a fome e a desnutrição continuam sendo problemas significativos em muitas partes do mundo, afetando especialmente as populações mais vulneráveis, como crianças, mulheres e comunidades rurais. O objetivo principal é garantir o acesso físico e econômico a alimentos saudáveis, nutritivos e suficientes para todas as pessoas.

- ODS 15 – Proteger, restaurar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres. A seguir afigura 03, ilustra o ODS 15:



Fonte: Sítio (ONU) - <https://brasil.un.org/pt-br>, 2023

Os produtos orgânicos promovem a saúde do solo, a biodiversidade e a proteção dos habitats naturais. Ao evitar o uso de agroquímicos, a agricultura orgânica contribui para a preservação da vida terrestre, incluindo a flora, a fauna e os micro-organismos essenciais para os ecossistemas.

- ODS 16 – Paz, Justiça e Instituições Independentes. Garantir a tomada de decisão responsável, inclusiva, participativa e representativa em todos os níveis. A seguir a figura 04, ilustra o ODS 16:



Fonte: Sítio (ONU) - <https://brasil.un.org/pt-br>, 2023

Reconhece que a paz, a justiça e a governança efetiva são fundamentais para o desenvolvimento sustentável. Ela aborda a necessidade de reduzir a violência, a criminalidade, a corrupção e a violação dos direitos humanos, bem como garantir o acesso à justiça e construir instituições responsáveis, transparentes e inclusivas.

## CONCLUSÃO

Observamos que os princípios fundamentais subjacentes à Agenda 2030 da ONU estão intimamente relacionados às políticas de educação ambiental. Isso se reflete tanto

na promoção do desenvolvimento de competências e habilidades relacionadas à qualidade de vida, conservação da natureza e sustentabilidade, entre outros aspectos, quanto na importância de criar um ambiente propício em que o pensamento crítico seja a base para a transformação. (UNESCO, 2017).

## REFERÊNCIAS

- Barbosa, M. V. G., de Melo, D. S., Dutra, M. T. D., & de Moraes, M. (2019, November). Agenda 2030 e o Desenvolvimento Sustentável: Educação Ambiental Crítico-Dialógica com a Oficina Conhecendo os 17 ODS. Anais do X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Fortaleza.
- Feio, A. C., & de Aguiar-Dias, A. C. A. (2017). RELAÇÃO SOCIEDADE-NATUREZA: ASPECTOS CULTURAIS NA CONSERVAÇÃO AMBIENTAL. *Revista Diversidade e Gestão*, 1(1), 103-106.
- Leite, G. M. (2016). O pensamento social brasileiro no século XIX: a construção do preconceito racial. *Fato & Versões-Revista de História*, 8(15).
- Löwy, M. (2021). TV Boitempo. O que é ecossocialismo?, Youtube. 01/12/2021
- Nações Unidas Brasil (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>; Acesso em: 17 de junho de 2023.
- Soares, B. E. C., Navarro, M. A., & Ferreira, A. P. (2004). Desenvolvimento sustentado e consciência ambiental: natureza, sociedade e racionalidade. *Ciências & Cognição*, 2.
- UNESCO. Educação para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável objetivos de aprendizagem. Paris: UNESCO, 2017.

## CAPÍTULO 9

# RECOMENDAÇÕES PARA PROJETOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE ABATEDOURO

---

*Data de submissão: 16/12/2023*

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Francisco Xirlean Xavier Alves**

UFRRJ, Instituto de Tecnologia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/3039650471136970>

**Nélia Dalúvia Rafael Cambanhane**

UFRRJ, Instituto de Tecnologia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/9134552298533184>

**Henrique Vieira de Mendonça**

UFRRJ, Instituto de Engenharia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

**RESUMO:** A elaboração de um projeto eficiente para o tratamento de águas residuárias é fundamental para mitigação de impactos ambientais nos recursos hídricos. As águas residuárias de abatedouro possuem relevante carga orgânica e de nutrientes, necessitando de uma estação de tratamento robusta. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor metodologias para projetos destinada ao tratamento de águas residuárias provenientes de um abatedouro bovino. Dentre as tecnologias estudadas, destacou-se o filtro anaeróbico, cuja eficácia na remoção de Demanda Bioquímica de

Oxigênio (DBO) pode atingir até 70%. A lagoa facultativa, por sua vez, pode oferecer até 91,86%, de um tempo de retenção hidráulica (t) de 28 dias. A lagoa facultativa aerada, com t de 8 dias, demonstrou uma notável eficiência de 85,4% na remoção de DBO e a de mistura completa com t de 3 dias uma eficiência de 94%. Em relação à remoção de nitrogênio total e fósforo, os resultados revelaram eficiências de 80% e 60%, respectivamente no tratamento em lagoas. Estes dados destacam a eficácia do sistema proposto na redução desses elementos, contribuindo para a viabilidade e efetividade do projeto no contexto do tratamento de águas residuárias provenientes da bovinocultura.

**PALAVRAS-CHAVE:** remoção de matéria orgânica, nutrientes, eficiência.

## RECOMMENDATIONS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT PROJECTS OF SLAUGHTERHOUSE

**ABSTRACT:** The development of an efficient project for wastewater treatment is crucial for mitigating environmental impacts on water resources. Slaughterhouse wastewater carries a significant organic and nutrient load, requiring a robust treatment

facility. In this context, this study aims to propose methodologies for projects aimed at treating wastewater from a beef slaughterhouse. Among the technologies investigated, the anaerobic filter stood out, with the potential to achieve up to 70% effectiveness in removing Biochemical Oxygen Demand (BOD). The facultative pond, on the other hand, can provide up to 91.86% removal, with a hydraulic retention time ( $t$ ) of 28 days. The facultative aerated pond, with a  $t$  of 8 days, demonstrated a remarkable efficiency of 85.4% in BOD removal, and the complete mix pond with a  $t$  of 3 days showed an efficiency of 94%. Regarding total nitrogen and phosphorus removal, the results revealed efficiencies of 80% and 60%, respectively, in pond treatment. These data underscore the effectiveness of the proposed system in reducing these elements, contributing to the feasibility and effectiveness of the project in the context of treating wastewater from cattle farming.

**KEYWORDS:** organic matter removal, nutrients, efficiency.

## 1 | INTRODUÇÃO

O setor de alimentos à base de proteínas desempenha um papel fundamental para economia global e a segurança alimentar. O Brasil é um dos mais importantes produtores de carne bovina no mundo (EMBRAPA, 2020).

Os efluentes originados em abatedouros são notáveis por sua elevada carga orgânica, que provém principalmente do sangue, um teor substancial de gordura, variações de pH devido à aplicação de agentes de limpeza ácidos e alcalinos, níveis consideráveis de nitrogênio e fósforo, concentrações significativas de diversos sais, e, ocasionalmente, a presença de compostos aromáticos (no caso de processos de defumação de produtos cárneos). Além disso, tais efluentes experimentam flutuações de temperatura em virtude do uso de água para resfriamento e aquecimento.

Esses efluentes provenientes de frigoríficos demonstram valores significativamente elevados nos parâmetros usados para quantificar a carga orgânica poluente como, a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), além de nutrientes como o nitrogênio oriundo de proteínas (DIAS, 2022).

A remoção do nitrogênio é fundamental, pois contribui para mitigar o impacto eutrofizante nos corpos de água que recebem esses efluentes (FLECK; EYNG, 2015).

A disposição desses resíduos passa por processos de tratamentos físico-químicos e deve atender a legislação ambiental vigente no Brasil (CONAMA 430/2011), antes da disposição final. Com o intuito de alcançar esse propósito, o processo de tratamento de efluentes em abatedouros pode ser estruturado em duas categorias principais: processos físicos e biológicos, visando a eficaz remoção de poluentes (DIAS, 2022).

## 2 | OBJETIVO

Propor metodologias de cálculo para dimensionamento de estações de tratamento de águas residuárias de abatedouro bovino.

## 3 | METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se os seguintes dados exploratórios: N° de animais – 50 animais/dia; Consumo diário de água por cabeça – 1,65 m<sup>3</sup>/dia; Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) – 4500 mg/L; Demanda Química de Oxigênio (DQO) – 7000 mg/L; Óleos e graxas – 800 mg/L; Sódio total (St) – 350 mg/L; Nitrogênio total (Nt) – 750 mg/L e Potássio total (Pt) – 50 mg/L.

### 3.1 PENEIRA ESTÁTICA

#### 3.1.1 VAZÃO

Para o dimensionamento da peneira estática deve ser considerado a vazão horária utilizando a equação 1. Para estimativa da vazão máxima pode ser adotado valores entre 1 a 3 vezes o valor da vazão média para esta atividade industrial, de acordo com a equação 2.

$$Q (h) = Q/24h \quad \text{Equação 1}$$

$$Q_{max} = Q(h) \times 3 \quad \text{Equação 2}$$

#### 3.1.2 LINHA VERMELHA (70% da vazão)

Para o dimensionamento da peneira estática, foi utilizado a equação 3, para a determinação da vazão da linha vermelha (70% da vazão total). A equação 4, para dimensionar a área da tela (A) e equação 5, para a largura da tela (B). Q é dada em m<sup>3</sup>/h; A em m<sup>2</sup> e B em m<sup>3</sup>/h.

$$Q = Q_{max} (m^3/h) 0,70 \quad \text{Equação 3}$$

$$A = Q_{max} (m^3/h) / (m^3/m^2.h) \quad \text{Equação 4}$$

$$B = A(m^2) / L(m^2) \quad \text{Equação 5}$$

#### 3.1.3 LINHA VERDE (30% da vazão)

Para a determinação da vazão da linha verde (30% da vazão total), foi utilizado a equação 6. A equação 4 para dimensionar a área da tela (A) e equação 5 para a largura da tela (B).

$$Q = Q_{max} (m^3/h) 0,30 \quad \text{Equação 6}$$

Observação: Verificar catálogo de com medidas já existentes no mercado.

### 3.2 TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

O dimensionamento deverá ser feito pelo método da conservação das massas (equações 7 e 8), onde: V é o volume total do tanque; V<sub>eq</sub> é o volume de equalização; V<sub>min</sub>

é o volume mínimo;  $Q_e$  – Vazão de entrada;  $Q_s$  – Vazão de saída e  $t$  – número de horas de funcionamento. Utilizar vazão média.

$$V_t = V_{eq} + V_{min} \quad \text{Equação 7}$$

$$V_{eq} = (Q_e - Q_s)/t \quad \text{Equação 8}$$

Para determinação do volume de equalização ( $V_{eq}$ ) será utilizado a equação 9, onde,  $Q_e$  é a vazão de entrada expressa ( $m^3/h$ ) e  $Q_s$  é a vazão de saída expressa em  $m^3/h$ . A Vazão de saída ( $Q_s$ ) é determinada pela equação 10 e seu valor final é expresso em  $m^3/h$ .

$$V_{eq} = (Q_e (m^3/h) - Q_s (m^3/h)) \cdot 16h \quad \text{Equação 9}$$

$$Q_s = (Q_e 16h) / 24h \quad \text{Equação 10}$$

A verificação de tempo de retenção ( $t$ ) será realizada conforme a equação 11, onde,  $V_{eq}$  é o volume equalizado e  $Q$  é a vazão. O  $t$  é dado em horas.

$$t = V_{eq}/Q \quad \text{Equação 11}$$

As dimensões do tanque seguiram conforme uso da equação 12, onde,  $L^2$  é a largura de secção quadrada e o  $H$  é a profundidade. O volume total do tanque ( $V_t$ ), dado pela equação 13, é expresso pela soma do volume equalizado e do volume mínimo. Observação:  $V_{min}$  – Volume mínimo, cuja profundidade adotada foi de 1 m.

$$V_{eq} = L^2 \cdot H \quad \text{Equação 12}$$

$$V_t = V_{eq} + V_{min} \quad \text{Equação 13}$$

Para cálculo da potência do agitador do tanque, será utilizada a equação 14, onde,  $D_p$  é a densidade de potência, adotada em  $10 \text{ w/m}^3$ .

$$P = (D_p + V_t) / 745 \quad \text{Equação 14}$$

### 3.3 PENEIRA ROTATIVA

Para seleção da peneira foi utilizado catálogo da empresa Engenharia de Tratamento de Água Ltda. O diâmetro da peneira é igual a 0,60 m, logo, o comprimento da peneira ( $L$ ) será:  $L = 2\pi R$ . A largura da tela ( $B$ ) é dada pela razão entre a área da tela ( $A$ ) e Comprimento da Peneira ( $L$ ) de acordo com a equação 15. Usar a vazão equalizada para seleção em catálogos ou dimensionamento.

$$B = A(m^2) / (L(m^2)) \quad \text{Equação 15}$$

### 3.4 FLOTADOR

O Sistema de Flotação com ar dissolvido terá a utilização do Sistema de Recirculação, considerando a pressão de funcionamento. A determinação leva em consideração a equação 16, onde,  $f$  é fração do ar dissolvido, considerando a saturação incompleta entre 0,5 e 0,8, adotou-se 0,5;  $\frac{A}{S}$  é relação entre a área e a solubilidade do ar em  $cm^3/L$  de água residuária;  $X_o$  é a concentração de sólidos na água residuária;  $P$  é pressão de funcionamento em atmosfera

(atm); Tendo-se adotado o valor da temperatura de 20 °C, o valor de solubilidade encontra-se na tabela 1 abaixo.

$$\frac{A}{S} = \frac{1.3 S_a \times (f \times P - 1)}{X_o}$$

Equação 16

Temperatura ---°C---	Solubilidade do ar -----
0	29,2
10	22,8
20	18,7
30	15,7

Tabela 1: Valor de S de acordo com a temperatura a pressão atmosférica.

Fonte: NUNES, 2017.

Para determinação da área superficial (A) será utilizado a equação 17, onde Q é a vazão e o I é relacionado ao fator de carga. O A é dado em m<sup>2</sup>.

$$A = \frac{Q \left( \frac{m^3}{h} \right)}{I \left( \frac{m^3}{m^2/h} \right)}$$

Equação 17

Para o Sistema com recirculação é utilizado a equação 18, onde: R é a razão da recirculação e Q é a vazão do afluente. O R é dado em m<sup>3</sup>/h. A área superficial é dada pela equação 17.

$$\frac{A}{S} = \frac{R}{Q} \frac{1.3 S_a \times (f \times P - 1)}{X_o}$$

Equação 18

### 3.5 FILTRO ANAERÓBIO

Para o cálculo do limite de carga orgânica do filtro utiliza-se a equação 19, onde o v é dado em m<sup>3</sup>. Já a altura do filtro, leva em consideração a equação 20, onde, H é a altura interna do filtro; h é a altura total do leito flutuante; h<sub>1</sub> é a altura da calha coletora (saída da água residuária no topo do filtro); h<sub>2</sub> é altura sobressalente (variável). A unidade final é dada em m. A área útil (Au) é determinada pela razão entre o volume (V) e altura (h) conforme a equação 21. Au é dada em m<sup>2</sup>. Para as dimensões internas do filtro circular (d), o cálculo foi realizado por meio da equação 22, onde o d é o diâmetro em m e Au é a altura útil.

$$V = Q \text{média} \left( \frac{m^3}{h} \right) \times Tr \text{ hidráulica} (h) \quad Equação 19$$

$$H = h + h_1 + h_2 \quad Equação 20$$

$$Au = \frac{V (m^3)}{h (m)} \quad Equação 21$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times Au}{\pi}} \quad Equação 22$$

As características construtivas levam em consideração a altura construtiva (AC) e o

diâmetro construtivo (DC) a primeira é dada pela equação 23, onde: Hc – altura construtiva; Ef - espessura do fundo; Ac - altura da chaminé; et - espessura da tampa. HC é dado em m. A segunda é dada pela equação 24, onde, ep é a espessura da parede em m.

$$Hc = H + Ef + Ac + Et$$

Equação 23

$$Dc = d(interno) + 2 \cdot ep$$

Equação 24

### 3.6 LAGOAS FACULTATIVAS

A carga orgânica da lagoa de estabilização é dada pela Equação 25, onde a carga é dada em kg/dia.

$$Carga (kg/dia) = \frac{DBO \left( \frac{mg}{l} \right) \times Q (m^3/h)}{1000g/kg}$$

A área superficial é uma relação entre a carga (L) em kg/dia e a taxa de aplicação  $L_s$  de acordo com equação 26. Recomenda-se as seguintes taxas de aplicação (VON SPERLING, 2002): I – Para a condição de Inverno quente e elevada insolação -  $L_s = 240$  a  $350$   $kgDBO_5/ha\ dia$ ; II - Inverno e insolação moderada,  $L_s = 120$  a  $240$   $kgDBO_5/ha\ dia$ . Para esse trabalho adotou-se  $20\ ^\circ C$  para a temperatura média.

$$A = \frac{L}{L_s}$$

Equação 26

Para a profundidade, os valores de profundidade variam de 1,5 a 2 m para o tratamento de esgotos domésticos, tratando-se de água residuária de abatedouro de bovino, será adotado um valor de 4m. O volume resultante (V), é dada pela multiplicação da área (V) pela a altura (H) de acordo com equação 27. O valor de V é dado em m3. Tempo de retenção (Tr) seguiu o recomendado por VON SPERLING, (1996).

$$V = AH$$

Equação 27

A estimativa de DBO solúvel (S em mg/L) é dado pela equação 28, onde: o coeficiente de remoção de DBO, K é igual a 0,30 d e o T é a temperatura.

$$S = \frac{DBO(mg/l)}{1+K \times t}$$

Equação 28

Para a estimativa da DBO particulada (equação 29), considera-se a concentração de sólido suspensos no efluente igual a 100 mg/L para cada 1 mg SS/L implica numa  $DBO_5$  de 0,4 mg/L e deve ser adotado com base no intervalo de 0,3 a 0,4. O valor da  $DBO_5$  particulada é dada em mg  $DBO_5/L$ . A DBO total (equação 30) é a soma da  $DBO_5$  Solúvel mg/L com a  $DBO_5$  particulada mg/L, conforme a equação 27. A DBOT é dada em mg/L.

$$DBO_5\ particulada = (DBO_5/mgss) \times 100 (mg/L)$$

Equação 29

$$DBOT = DBO_5\ Solúvel\ mg/L + DBO_5\ particulada\ mg/L$$

Equação 30

A eficiência de remoção (%) será feita com base na equação 31, onde  $S_0$  é a concentração de DBO do afluente e S é a concentração do DBO solúvel.

$$E \frac{S_0 - S}{S_0} = 100$$

Equação 31

O cálculo para as dimensões da lagoa facultativa realizada nesse trabalho leva em consideração duas lagoas em paralelo. Assim, a área das lagoas é dada pela equação 32, onde a espessura de operação – a acumulação pode ser considerada desprezível face a profundidade de 2 m, de acordo com VON SPERLING (1996).

$$A = L \times B = (2.5 \times B) \times B$$

Equação 32

### 3.7 LAGOA FACULTATIVA AERADA

De acordo com VON SPERLING (1996),  $T_r$  deve estar no intervalo de 5 a 10 dias. Neste estudo adotou-se o tempo de retenção de 8 dias. A profundidade (H) pode situar-se entre 2,5 a 4 m. Adotou-se 3 m. A estimativa de concentração de efluente de DBO foi realizada com a soma da DBO solúvel e a DBO particulada de acordo com a equação 33.

$$DBO_{total} = DBO_{solúvel} + DBO_{particulada} \quad \text{Equação 33}$$

Para estimativa da DBO Solúvel (mg/L), o valor de coeficiente K pode variar de 0,6 a 0,8 d à 20 °C, utilizando a equação 34, (Arceivada, 1981). Onde,  $t$  = tempo de retenção hidráulica.

$$S = \frac{DBO(\text{mg/L})}{1 + K \times t} \quad \text{Equação 34}$$

A DBO particulada foi calculada de acordo com a equação 35 e a DBO total conforme a equação 36. A DBO total do efluente é dada em mg/L.

$$DBO_5 \text{ part} = (DBO_5 / \text{mgss}) \times 100 \text{ mgss} \quad \text{Equação 35}$$

$$DBO_{total} = DBO_{solúvel} + DBO_{particulada} \quad \text{Equação 36}$$

O volume requerido ( $V$ ) é dado pela equação 37, onde o  $t$  é o tempo de detenção e o  $Q$  é a vazão média do efluente.  $V$  é dado em  $\text{m}^3$ . A área requerida ( $A$ ) conforme a razão entre o volume ( $V$ ) e a altura ( $H$ ) conforme a equação 38.

$$V = t \times Q \quad \text{Equação 37}$$

$$A = \frac{V}{H} \quad \text{Equação 38}$$

O requisito de oxigênio ( $Ro$ ) é dada pela equação 39, onde  $Ro$  é dado em  $\text{kg}_{O_2/h}$ . O Requisito de Energia leva em consideração a eficiência de remoção padrão ( $Eo$ ) e o deve estar no intervalo de 1,5 a 2,0  $\text{kg}_{O_2/kwh}$ , conforme a equação 40. A potência requerida é a determinada pela relação entre o  $Ro$  e a  $Eo$  campo, conforme a equação 41. O valor é final é dado em  $\text{kw}$  e deve ser transformado em  $\text{CV}$ .

$$Ro = \frac{a \times Q \times (S_0 - S)}{1000 \text{ g/kg}} \quad \text{Equação 39}$$

$$Eo_{campo} = 0.60 \times (kg_{O_2/kwh}) \quad \text{Equação 40}$$

$$Pot = \frac{Ro}{Eo_{campo}} = \frac{(kg_{O_2/h})}{(kg_{O_2/kwh})} = (kw) = (CV) \quad \text{Equação 41}$$

Para a determinação da densidade de potência é utilizado a equação 42, que expressa a razão entre a Potência (Pot) em  $\text{W}$  e o Volume ( $V$ ) em  $\text{m}^3$ . A densidade de potência é dada em  $\text{w/m}^3$ .

$$\varphi = \frac{Pot}{V} = \frac{(W)}{(m^3)} \quad \text{Equação 42}$$

A densidade das partículas deverá ser suficiente para manter os sólidos em suspensão. Para o determinar as dimensões das lagoas é necessário a utilização de 2 lagoas em paralelo.

### 3.8 LAGOA AERADA DE MISTURA COMPLETA (LAMC)

A determinação do tempo de retenção hidráulica (permanência das moléculas líquidas no reator) nas lagoas aeradas de mistura completa deve ser igual ao tempo de retenção celular (permanência das células bacterianas no reator), variando na faixa de 2 a 4 dias. A profundidade (H) variam de 2,5 a 4,5 m. A concentração de biomassa é dada pela equação 43, onde;  $X_v$  - concentração de biomassa (mg/L);  $K_d$  - coeficiente de decaimento bacteriano (mg $X_v$ /mgDBO);  $Y$  - coeficiente de produção celular (d $^{-1}$ ).

$$X_v = \frac{Y \times (S_0 - S)}{1 + K_d \times t} \quad \text{Equação 43}$$

Coeficientes	Unidade	Faixa	Valor típico
$K_d$	mg $X_v$ /mgDBO	0,4 – 0,8	0,6
$Y$		0,003 – 0,08	0,06

Tabela 2: Valores de coeficiente de  $K_d$  e  $Y$

Fonte: Metcalf e Eddy (1991)

A estimativa da DBO solúvel é calculada utilizando a equação 44. O valor de coeficiente de remoção dessa lagoa é mais elevado comparando com as demais lagoas, isto deve-se a maior concentração de bactérias na lagoa. O valor de  $K$  situa-se na faixa de 1 a 1,5 d $^{-1}$ .

$$S = \frac{S_0 (\text{mg/L})}{1 + K \times X_v \times t} \quad \text{Equação 44}$$

Para encontrar  $K_T$  (valor de  $K$  ajustado para temperatura real da água) foi utilizada a equação 45, onde o,  $K_T$  - coeficiente de remoção de DBO em temperatura de qualquer líquido;  $K_{20}$  - coeficiente de remoção na temperatura de 20 °C e  $\theta$  – coeficiente de temperatura = 1,05 segundo Silva & Mara (1979).

$$K_T = K_{20} \times \theta^{(T-20)} = \quad \text{Equação 45}$$

A DBO particulada do efluente foi estimada através da relação com os sólidos em suspensão voláteis, conforme a  $DBO_{part} = 0,4$  a  $0,6$  mg/mg $X_v$ . Nas lagoas aerada a concentração de sólidos em suspensão voláteis e totais estão na faixa de 0,7 a 0,8. Dessa forma a DBO particulada pode ser estimada através dos sólidos em suspensão totais, agregando as duas últimas relações.  $DBO_{part} = 0,3$  a  $0,6$  mg/mgss.

A eficiência de remoção (%) é dada conforme a equação 31. O requisito de oxigenação será realizado conforme a equação 39. O requisito de energia leva em consideração a Eficiência de remoção padrão (Eo campo), conforme a equação 46. O requisito de energia deve estar no intervalo de 1,5 a 2,0 kg $_{O_2}$ /kwh

$$Eo_{campo} = 0,60(kg_{O2/kwh})$$

Equação 46

### 3.9 LAGOA DE DECANTAÇÃO (A JUSANTE DA LAMC)

Para o dimensionamento da lagoa de decantação devem ser previstos os volumes destinados a clarificação (decantação) e armazenamento assim como a digestão do lodo (SOBRINHO & RODRIGUES, 1991).

O volume destinado a clarificação deve levar em consideração o tempo de retenção ( $T_r$ )  $\geq 1$  d e altura ( $H$ )  $\geq 1,5$  m. O volume total da lagoa deve levar em consideração os seguintes aspectos:  $t \leq 2$  d (para evitar o crescimento de algas) e  $H \geq 3$  m (para permitir uma camada aeróbica acima do lodo). A área requerida é dada pela equação 38, onde: A é a área requerida; V é o volume e H, a altura em m. Para a zona de lodo, reservada para armazenamento e digestão do lodo deve-se acrescentar uma profundidade de 1,5 m para a profundidade da lagoa de decantação. O tempo de retenção com a lagoa limpa é mensurado pela equação 11, onde: t é o tempo de retenção, V é o volume requerido e Q, a vazão média do afluente.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 PENEIRA ESTÁTICA

Foram observados os seguintes dados totais para dimensionamento, conforme a Tabela 3.

Dimensionamento	Total
Vazão média em horas	34,375 h
Vazão máxima em horas	103,125 m <sup>3</sup> /h
Vazão Linha Vermelha (70%)	72,1875 m <sup>3</sup> /h
Área da tela (A)	2,8875 m <sup>2</sup>
Largura da tela (B)	0,1925 m
Vazão linha verde (30%)	30,9375 m <sup>3</sup> /h
Área da tela (A)	1,2375 m <sup>2</sup>
Largura da tela (B)	0,4125 m

Tabela 3: Dimensionamento do Peneira Estática.

Fonte: Autores 2023

Importante ressaltar que o processo de dimensionamento deve atender a peneiras já existentes no mercado, caso não atenda as demandas, deverá ser construída um equipamento que possa atender a vazão e a demanda do abatedouro.

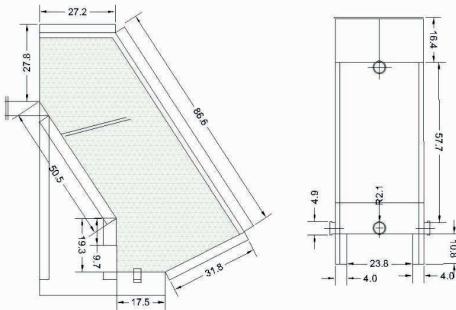


Figura 2: Representação Esquemática da Peneira Estática ou Hidrostática.

## 4.2 EQUALIZAÇÃO

Esta unidade de tratamento recebe todas as linhas geradoras de efluente, picos de carga hidráulica e orgânica. Isso oferece suporte para a estação de tratamento possa efetuar seu processo contínuo de tratamento. É feito a utilização de dispositivos para a homogeneização do material recebido, bem como evitar que a estação receba variações expressivas de carga e contaminantes.

### 4.2.1 DIMENSIONAMENTO TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

Considerando os dados experimentais e os procedimentos metodológicos explicitados no tópico 3.2 e a Vazão media igual a  $34,375 \text{ m}^3/\text{h}$ , o volume de equalização ( $V_{eq}$ ) foi de  $183,344 \text{ m}^3$ , e a verificação foi de tempo de retenção ( $T_r$ ) igual a  $5,3 \text{ h}$ . As dimensões do tanque foram  $H$  igual  $2 \text{ m}$  e  $L$  igual  $9,57 \text{ m}$ . O volume total do tanque ( $V_t$ ) obtido foi de  $275 \text{ m}^3$  e a Potência do agitador ( $P$ ) igual a  $3,69 \text{ HP}$ . Potência comercial mais próxima adota =  $5 \text{ HP}$ .

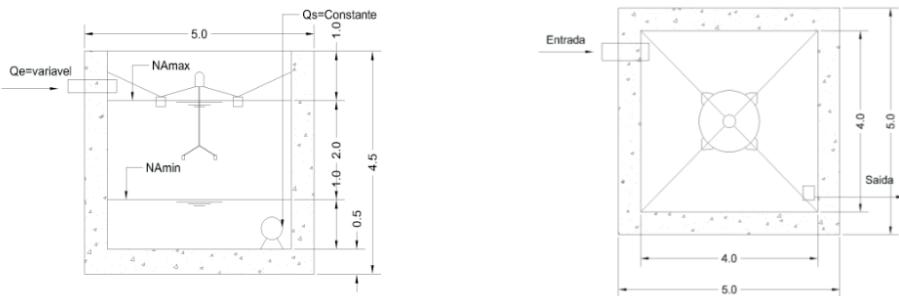


Figura 3: Representação Esquemática do Tanque de Equalização

#### 4.3 DIMENSIONAMENTO - PENEIRA ROTATIVA

Para atender a demanda deverá ser construída uma peneira estática (Figura 4) com as seguintes dimensões: Área da tela (A) igual a 2,29 m; comprimento da peneira (L) igual a 1,884 m, e a Largura da tela (B) deve ter 1,22 m

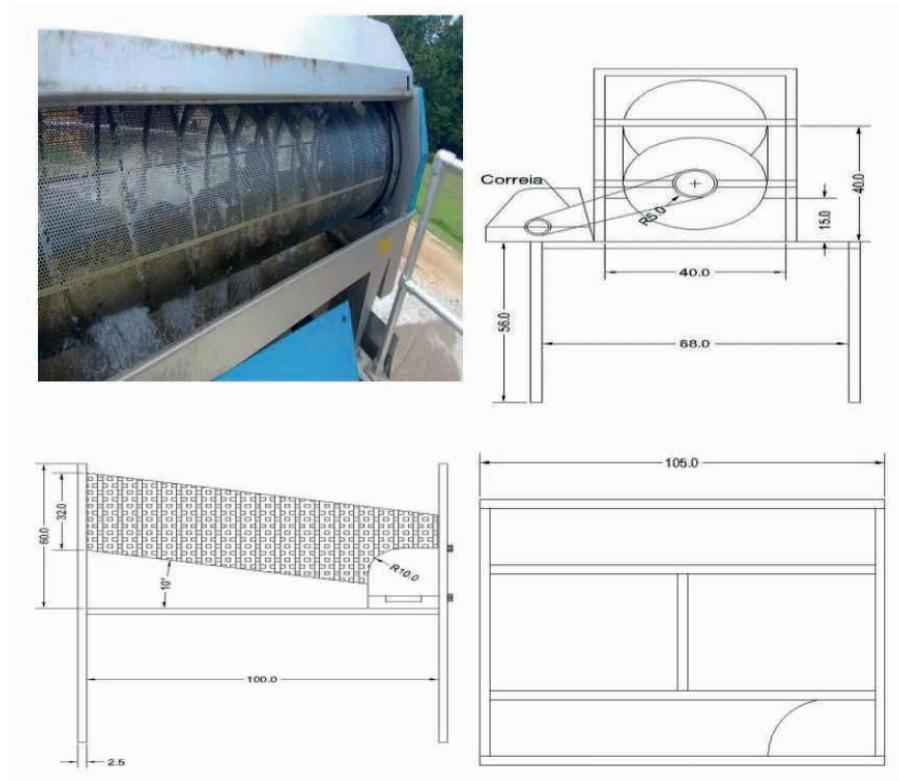


Figura 4: Representação Esquemática da Peneira Rotativa

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DO FLOTADOR

Na Tabela 4 estão apresentados os valores da pressão de funcionamento, área superficial e razão de recirculação para seleção dos flotadores.

Variáveis	Com Recirculação	Sem Recirculação
Pressão de funcionamento	2.5 atm	-----
Área superficial	4,77 m <sup>2</sup>	9,49 m <sup>2</sup>
Razão de recirculação	-----	33,94 m <sup>3</sup> /h

Tabela 4: Dimensionamento dos Sistemas de Flotação.

Segundo RUBIO et al. (2002), o sistema de flotação é o método de flotação mais utilizado no tratamento de efluentes industriais para remoção de frações coloidais.

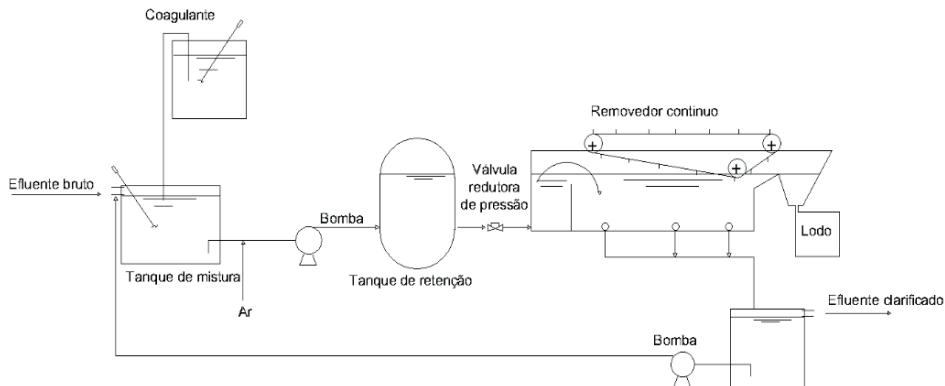


Figura 5: Representação Esquemática do Sistema de Flotação com Recirculação.

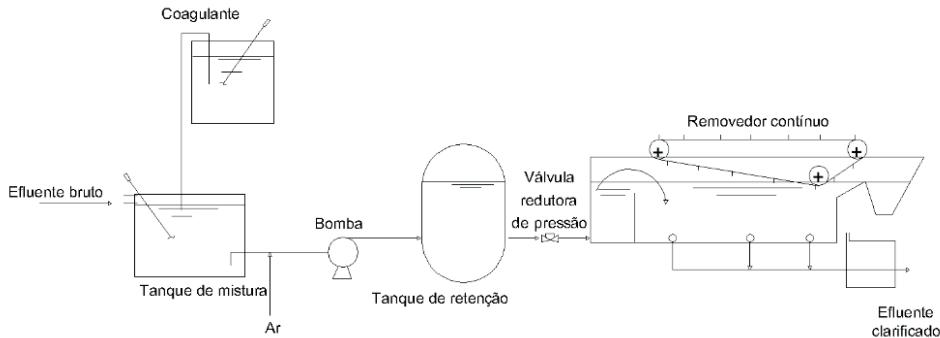


Figura 6: Representação Esquemática do Sistema de Flotação sem Recirculação.

## 4.5 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBICO

As variáveis quantificadas no dimensionamento do filtro anaeróbico de fluxo ascendente, estão apresentadas na Tabela 5. A eficiência de remoção da DBO no filtro foi de 70%, sendo 3.125 mg/L o valor de entrada e 937,5 mg/L o valor de saída.

Variáveis	Total
Volume do filtro	2.475 m <sup>3</sup>
Altura útil do filtro	4,2 m
<b>Área útil (Au)</b>	<b>687,5 m<sup>2</sup></b>
Altura total	4,40 m
Altura de brita (recheio) m	2,5 m
<b>Diâmetro</b> interno (d)	<b>29,59 m</b>
Diâmetro construtivo (dc)	30,2 m
Eficiência de remoção de DBO no filtro	70%

Tabela 5: Dimensionamento dos Sistemas de Flotação

O valor de remoção encontrado corrobora com TONETTI et al. (2011) que além de reafirmar que os filtros anaeróbios são uma opção de baixo custo tanto no aspecto construtivo, quanto operacional, removendo aproximadamente 70% da matéria orgânica e produzindo reduzida quantidade de lodo. Na figura 7, está ilustrada a representação esquemática do filtro anaeróbio.

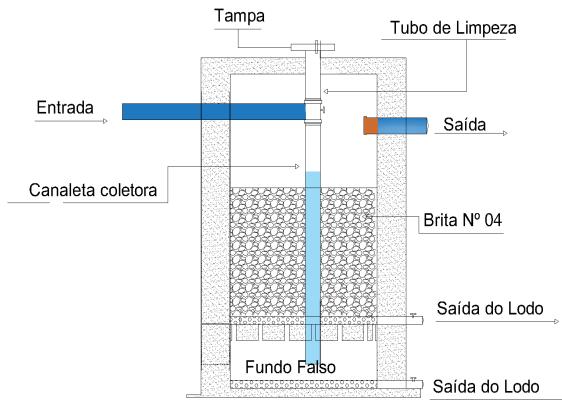


Figura 7: Representação Esquemática do Filtro Anaeróbico.

## 4.6 LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

As lagoas de estabilização são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos e se constituem unicamente por processos naturais.

De um modo geral, as lagoas de estabilização apresentam de excelentes eficiências de tratamentos, por exemplo, em relação a eficiência de remoção de DBO, a faixa típica situa-se entre 75 e 95%.

As lagoas chamadas de facultativa recebem esse nome devido às condições aeróbias mantidas na superfície, liberando oxigênio e às condições anaeróbias mantidas na parte inferior onde a matéria orgânica é sedimentada. Para as condições que trabalhamos,

a remoção de DBO apresentou eficiência de remoção de 91,86% (Tabela 6).

Variáveis	Total
Carga orgânica de entrada	773,4 kg/dia
Área Superficial	64.500 m <sup>2</sup>
Profundidade	4 m
Volume resultante	258 000 m <sup>3</sup>
Tempo de retenção (adotado)	28 dias
Estimativa do DBO solúvel	36,3 mg/L
DBO particulada	40 mgDBO <sub>5</sub> /L
DBO Total	103,4 mg/L
<b>Área requerida</b>	0,921 ha
Dimensões da lagoa para duas lagoas em paralelo	B = 113,58 m L = 227,16 m
Espessura de Operação	2 m
Número de Lagoas	2

Tabela 6: Dimensionamento de lagoa facultativa.

A eficiência de remoção da DBO encontrada corrobora com VON SPERLING, (1996) que verificou que esse tipo de lagoa pode atingir eficiência de remoção de até 90%. A representação esquemática da lagoa facultativa está apresentada na Figura 8.

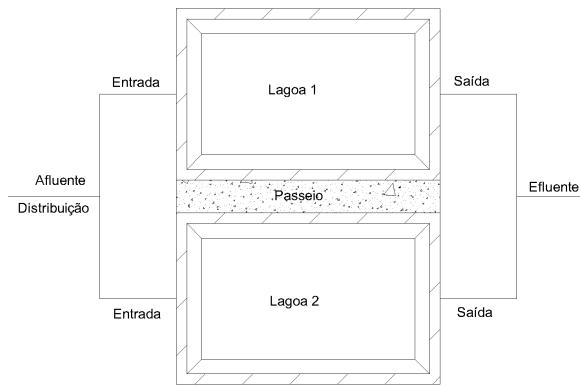


Figura 8: Representação Esquemática da Lagoa Facultativa.

Os mecanismos de remoção da DBO são similares aos de uma lagoa facultativa sem aeração. No entanto, o oxigênio é fornecido também por aeradores mecânicos, o que reduz a área de implantação deste sistema. Para o exemplo que estamos trabalhando, apresentou eficiência de remoção de 85,4%, atendendo o estipulado para as lagoas de estabilização.

Dimensionamento	Total
Vazão dia	825 m <sup>3</sup> /dia
Vazão hora	34,375 m <sup>3</sup> /h
DBO efluente	75,32 mg/L
Temperatura	21° C
Tempo de retenção	8 dias
Profundidade	3 m
Volume requerido	6600 m <sup>3</sup>
Estimativa do DBO solúvel no efluente	96,65 mg/L
DBO particulada	40 mgDBO <sub>5</sub> /L
Estimativa de concentração de DBO no efluente	136,65 mg/L
Eficiência de remoção	85,4%
Requisitos de oxigênio	27,53 kg <sub>02/h</sub>
Requisitos de energia	11,2 kg(o2/kwh)
Potência requerida	30,765 CV
Aeradores	6 aeradores de 5 CV
<b>Área requerida</b>	<b>0,22 ha</b>
Dimensões da lagoa	L= 110 m
2 lagoas em paralelo	B = 55 m
Densidade de potência	11,33 W/ m <sup>3</sup>

Tabela 7: Dimensionamento de lagoa facultativa aerada. Fonte: Autores, 2023.

Na lagoa facultativa aerada (Figura 9), a matéria orgânica contida nos despejos é estabilizada, parte transformando-se em matéria mais estável na forma de células de algas e parte transformando-se em produtos inorgânicos finais que saem com o efluente (MENDONÇA, 2000).

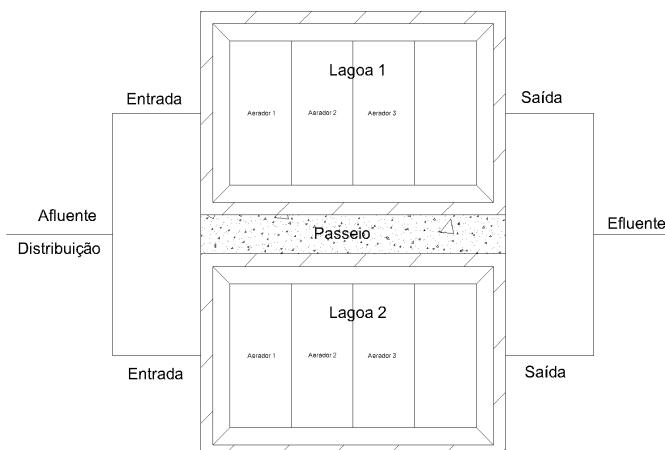


Figura 9: Representação Esquemática da Lagoa Facultativa Aerada.

Na Lagoa Aerada de Mistura completa (Figura 9), a energia introduzida por unidade de volume da lagoa é maior que no modelo anterior, o que faz com que os sólidos (principalmente a biomassa) permaneçam dispersos/suspensos no meio líquido. A decorrente maior concentração de bactérias no meio líquido aumenta a eficiência do sistema na remoção de DBO, o que permite que a lagoa tenha um volume inferior ao dos modelos anteriormente descritos.

Nesse estudo obtivemos uma eficiência de remoção de DBO igual a 94%, valor maior do que o encontrado para a lagoa facultativa aerada que atingiu apenas 85,4% da taxa de remoção da DBO. Observou-se também, diferença na redução do volume requerido pelas lagoas (tabela 8 e 9).

Dimensionamento	Total
Vazão dia	825 m <sup>3</sup> /dia
Vazão hora	34,375 m <sup>3</sup> /h
DBO efluente	75,32 mg/L
Temperatura	21° C
Tempo de retenção	3 dias
Profundidade	2,5 m
Volume requerido	2475 m <sup>3</sup>
Concentração de biomassa	17,68 mg/L
Estimativa do DBO solúvel no efluente	52,94 mg/L
DBO particulada	10.608 mg/L
Estimativa de concentração de DBO no efluente	63,55 mg/L
Eficiência de remoção	94%
Requisitos de oxigênio	42,31 kg <sub>02/h</sub>
Requisitos de energia	1,2 kg <sub>02/kwh</sub>
Potência requerida	48 CV
Aeradores	4 aeradores de 12 CV
<b>Área requerida</b>	<b>0,099 ha</b>
Dimensões da lagoa	H = 3 m; L= 33 m e B=25 m
Densidade de potência	35,61 W/ m <sup>3</sup>

Tabela 8: Dimensionamento de aerada de mistura completa. Fonte: Autores, 2023.

A lagoa de decantação, funciona como uma extensão da lagoa aerada de mistura completa, recebendo afluentes com elevados teores de sólidos para sua sedimentação.

O acúmulo de lodo nas lagoas de decantação é baixo e sua remoção geralmente é feita com intervalos de 1 a 5 anos. Os requisitos energéticos são maiores que os exigidos por outros sistemas compostos por lagoas (VON SPERLING, 1996)

Dimensionamento	Total
Tempo de retenção com água limpa	2 dias
Profundidade	1,3 m
Área requerida	0,055 ha
Volume requerido	1650 m <sup>3</sup>
Número de lagoas	2
Cargas de sólidos afluentes a lagoa por ano	5.323,89 kgSSv/ano 1.774,63 kgSSf/ano
Assumindo uma remoção de 85%	4.525,30 kgSSv/ano 1.508,44kgSSf/ano

Tabela 9: Dimensionamento de decantação. Fonte: Autores, 2023.

A figura 10, apresenta de forma simplificada, a representação de uma lagoa de mistura completa e da lagoa de decantação, apresentando a divisão de acordo com o dimensionamento para número de aeradores (Tabela 10). É comum na literatura, a lagoa de decantação vir como duas lagoas em paralelo, pois assim a limpeza é facilitada e não necessita de parar o sistema operacional da empresa.

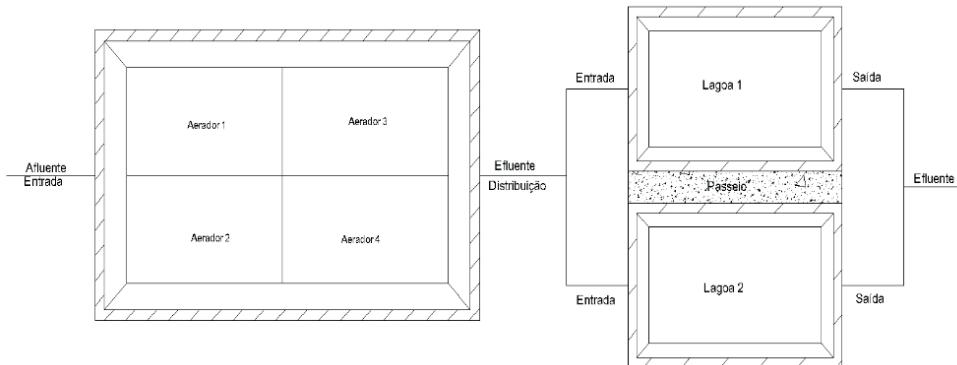


Figura 10: Representação Esquemática da Lagoa de Mistura Completa seguida pela Lagoa de Decantação.

De acordo com JORDÃO & PESSOA (2009), a eficiência de remoção para Nitrogênio Total (NT) deve ser superior a 60%, enquanto para Fósforo Total (PT) deve ser superior a 35%. No contexto deste projeto, foram adotados valores de eficiência, estabelecendo uma remoção de 80% para NT e 60% para PT no tratamento do efluente. Antes da implementação das medidas de remoção, os níveis de NT e PT no efluente eram de 750 mg/l e 50 mg/l, respectivamente. Seguindo a metodologia mencionada anteriormente, foi possível alcançar uma remoção efetiva de 600 mg/l para NT e 30 mg/l para PT.

## 5 | CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos durante a análise do dimensionamento do projeto de tratamento de água residuária de um abatedouro bovino, podemos inferir que a abordagem sequencial proposta mostrou uma eficácia significativa na remoção de diversos elementos, tais como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Nitrogênio Total (NT) e Fósforo Total (PT). Entre as três lagoas, recomenda-se a lagoa aerada de mistura completa devido à sua eficiência de remoção de 94% do DBO<sub>5</sub> presente no efluente.

## REFERÊNCIAS

CASTRO E SILVA, Priscila. Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como unidade de tratamento para efluente da suinocultura – Lavras: UFLA, 2014.

CHERNICHARO, C. A. de L. Reatores anaeróbios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: **Politécnica**, 2007. 379 p.

DIAS, V. C. C. Tratamento de efluentes e sustentabilidade na indústria alimentícia, com foco nos frigoríficos brasileiros.2022.

EDZWALD, J. K.; HAARHOFF, J. Dissolved Air Flotation For Water Clarification. 1 edition ed. McGraw-Hill Education, 2011.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Qualidade da carne bovina. Disponível em: <https://www.embrapa.br/qualidade-da-carne/carne-bovina>

JORDÃO, P.E; PESSOA, A.C. Tratamento de esgotos domésticos. 5<sup>a</sup> edição,2009.

LECK, L.; EYNG, E. Remoção biológica de nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão. **Revista Eixo**, 2015.

MARGUTI, A. L.; FERREIRA FILHO, S. S.; PIVELI, R. P. Otimização de processos físico-químicos na remoção de fósforo de esgotos sanitários por processos de precipitação química com cloreto férreo. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2008.

METCALF E EDDY, Inc. (1991) Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse. 3<sup>a</sup> Edição, McGraw-Hill, Inc., Singapura.

METCALF; EDDY. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2016

NUNES, José Alves. Tratamento biológico de águas residuárias. 3 ed. Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2012. 277 p.

NUNES, José Alves. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 4.ed. Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2004. 298 p.

RUBIO, J.; SOUZA .M. L.; SMITH, R. W. Overview of flotation as a wastewater treatment technique. Minerals Engineering, v.15, n.3, p.139-155,2002.

SOUZA, A. C. DE; ORRICO, S. R. M. Consumo de água na indústria de abate de bovinos do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, n. 42, p. 26–36, dez. 2016.

SPERLING, M. Von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 2006. 243 p.

TONETTI, A. L.; FILHO, B.C.; GUIMARÃES, J.R.; CRUZ, L.M.O.; NAKAMURA, M.S; Avaliação de partida de filtros anaeróbios tendo bambu como material de recheio. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n.1, p. 11-16, 2011.

ZOPPAS, F. M.; BERNARDES, A. M.; MENEGUZZI, A. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 1, p.29-42, 2016.

## CAPÍTULO 10

# EROSÃO DO SOLO E URBANIZAÇÃO NO DISTRITO FEDERAL. ESTUDO DE CASO DA VOÇOROCA NA RODOVIA DF-250

---

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Paula Emanoela Silva Almeida**

Engenheira civil do Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF, Mestranda em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

### **Geraldo Jacinto da Silva Filho**

Engenheiro civil do Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF, Mestrando em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

### **Mozer Teixeira de Castro**

Engenheiro civil do Departamento de Estradas de Rodagem – DER/DF, Mestrando em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

### **Marcelo Rodrigues Alves**

Docente no Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

### **Paulo Antonio da Silva**

Docente no Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

### **Sérgio Marques Costa**

Docente no Programa de Pós-Graduação em Meio ambiente e Desenvolvimento Regional – UNOESTE

25º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR)

48ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPv)

**RESUMO:** A relação entre erosão e crescimento populacional constitui um tema de relevância para a compreensão dos impactos ambientais resultantes do aumento da densidade demográfica em determinadas regiões. A erosão e a drenagem pluvial são questões de extrema importância no âmbito da engenharia civil e ambiental. Os processos erosivos de grande escala são complexos e englobam diversas situações, tais como o carreamento de solo nos cursos d'água e desabamento de rodovias. Nesse contexto, o controle da erosão urbana é essencial tanto para a manutenção da capacidade de escoamento do sistema de drenagem quanto para a preservação da qualidade ambiental. Diante disso, considerando o rápido crescimento populacional na região do Itapoã, localizada no Distrito Federal, juntamente com a carência de infraestrutura adequada de drenagem pluvial, houve um agravamento do fenômeno erosivo conhecido como voçoroca nas margens da rodovia DF-250, gerando resultados com

consequências significativas para o meio ambiente. Diante dessa situação, o presente estudo de caso aborda a voçoroca às margens da rodovia DF-250, caracterizando o tipo de solo na região, a principal causa desse processo erosivo, bem como suas repercussões na faixa de domínio da rodovia. Além disso, são demostradas as ações implementadas pelo DER/DF visando a recuperação da área degradada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Impacto Ambiental; Erosão; Voçoroca; Rodovia; Distrito Federal.

**ABSTRACT:** The relationship between erosion and population growth is a relevant topic for understanding the environmental impacts resulting from the increase in population density in certain regions. Erosion and stormwater drainage are issues of extreme importance in the field of civil and environmental engineering. Large-scale erosive processes are complex and encompass several situations, such as soil carrying into watercourses and road collapses. In this context, the control of urban erosion is essential both for maintaining the flow capacity of the drainage system and for preserving the environmental quality. In view of this, considering the rapid population growth in the Itapoã region, located in the Federal District, together with the lack of adequate infrastructure for rainwater drainage, there was an aggravation of the erosion phenomenon known as gullies on the banks of the DF-250 highway, generating results with consequences significant for the environment. Faced with this situation, the present case study approaches the gully on the margins of the DF-250 highway, characterizing the type of soil in the region, the main cause of this erosion process, as well as its repercussions on the highway's right of way. In addition, the actions implemented by the DER/DF aiming at the recovery of the degraded area are demonstrated.

**KEYWORDS:** Environmental impact; Erosion; Voçoroca; Highway; Federal District

## INTRODUÇÃO

Os processos erosivos causam grandes impactos ao meio ambiente. O crescimento populacional no Distrito Federal provoca um desordenamento na estrutura urbana que se expressa em vários problemas de ordem socioambientais (BRITO, 2012).

As ações antrópicas são responsáveis pelo aumento dos processos erosivos. Algumas consequências dos processos erosivos são o assoreamento de rios, lagos e barragens, perda de solos, queda na fertilidade dos solos, desbarrancamento de estradas e moradias (GUERRA, 2005).

Conforme Molinero (2007), a erosão é um processo geodinâmico que ocorre nos solos, a partir da combinação de alguns fatores como relevo local, formação geológica, volume de água existente na região, tanto superficial (em função da precipitação) quanto em sua subsuperfície (em função do nível freático), conjugados na grande maioria das vezes com a ação do homem naquele local.

No Brasil, o transporte rodoviário é a forma mais utilizada para deslocamentos pela população em geral, sejam pequenas, médias ou grandes distâncias, bem como se constitui no principal modal para o transporte de cargas e escoamento da produção. A construção de rodovias impacta consideravelmente no desenvolvimento social e econômico. Nesse

contexto, a retirada da vegetação é um dos primeiros impactos ambientais causados pela implantação das rodovias.

Devido à grande complexidade e limites de extensão, a construção de rodovias altera permanentemente diversos ambientes ao longo de sua implantação, transformando paisagens, modificando biomas e gerando impactos sobre o meio físico, biótico e socioeconômico (RIDENTE JÚNIOR, 2008; OLIVEIRA, 2011).

Salomão e Iwasa (1995) definem o fenômeno da erosão como sendo um processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos e partículas de rochas pela ação combinada da gravidade com a da água, vento, gelo ou organismos vivos.

De acordo com Camapum de Carvalho et al., (2006), o termo erosão advém do latim (*erodere*) que possui o significado de “corroer”. Nos estudos ligados à ciência da terra, o termo é aplicado aos processos de desgaste da superfície terrestre (solo ou rocha) pela ação da água, do vento, de queimadas, do gelo e de organismos vivos (plantas e animais), além da ação do homem.

Molinero (2007) justifica que:

“Várias regiões brasileiras, especialmente aquelas que se desenvolveram em áreas de planaltos, como grande parte do centro-oeste brasileiro, apresentam-se em regiões com relevos caracterizados por grandes diferenças altimétricas. Em consequência disso os acessos entre estas localidades, na maioria dos casos, também são construídos ao longo desses terrenos. Estas estradas, assim instaladas, muitas vezes em terrenos de baixa resistência à erosão, quando não protegidas, por vegetação ou pavimentação, têm o processo erosivo rapidamente iniciado. Estas ravinas, não raro, se transformam em voçorocas, principalmente quando interceptam o nível freático. Com o consequentemente alargamento e evolução remontante dessas erosões, quase sempre, o resultado é a destruição dessas rodovias. Na maioria dos casos mesmo quando as águas são conduzidas por sistemas apropriados, o problema surge no ponto de lançamento onde muitas vezes encontram-se estruturas inadequadas para o lançamento das águas captadas pelo sistema de drenagem. Com o incremento das chuvas e o aumento da vazão e do nível freático, os processos erosivos a jusante são extremamente acelerados, provocando avanços nas erosões como um todo. Estes processos colocam em risco a segurança e a economia de pessoas assim como das próprias obras públicas” (MOLINERO, 2007. p.26).

No artigo “Processos Erosivos em Rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento”, Pires, Carmo Jr. (2018) listaram várias metodologias para a previsão e monitoramento de processos erosivos, porém dependendo da pesquisa, pode ocorrer o desenvolvimento de um novo modelo mais adequado ao objeto analisado, como por exemplo, como aquele apresentado por Molinero (2007), que desenvolveu um modelo matemático específico para previsão de áreas mais suscetíveis a processos erosivos.

Na região central do Brasil, especificamente nas últimas quatro décadas, ocorreu a uma rápida e extensiva ocupação do solo. Grandes processos de urbanização e um

acelerado incremento da atividade agropecuária, acarretando em aparecimento sérios problemas ambientais, como a degradação do solo e processos erosivos. Tais ações antrópicas impactaram as áreas urbanas gerando assoreamento de reservatórios e alterações significativas nos cursos de água, o que ocasionou a perda de solos férteis antes utilizadas nas atividades agrícolas (CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Muitos processos erosivos são encontrados junto às margens das rodovias. A Figura 1 apresenta a localização de processos erosivos às margens da rodovia DF-250, localizada no Distrito Federal.



Figura 1 - Processo erosivos às margens da Rodovia DF-250 (GOOGLE MAPS, 2023)

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

### Localização da Área de estudo

A Região Administrativa do Itapoã está localizada no Distrito Federal, com uma área de 3.430,16 hectares e é abastecida pelos reservatórios do Torto, Santa Maria, Bananal, Lago Paranoá e Cachoeirinha. A ocupação originou-se no início da década de 1990, formada principalmente por habitantes da região do Paranoá (CODEPLAN, 2022).

A partir de 2001, o Itapoã passou por um processo muito rápido de ocupação irregular e, em 2003, foi criada a sub administração do Itapoã, vinculada à administração regional do Paranoá. Em novembro de 2004, diante do crescimento acelerado da ocupação urbana, foi criada a Região Administrativa Itapoã – RA XXVIII, por meio da Lei 3.527, de 03 de janeiro de 2005, compreendendo as ocupações irregulares consolidadas que foram agrupadas e inseridas na poligonal do setor habitacional Itapoã (CODEPLAN, 2022).

Com efeito, a região no entorno da rodovia DF-250 se caracteriza pela ocupação predominantemente urbana. Na margem norte da rodovia está situada a cidade do Itapoã, além dos condomínios Novo Horizonte, Mansões Entrelagos e Chácaras Euler Paranhos.

Na margem sul da rodovia, nas proximidades da DF-001, há uma área de reflorestamento de *Pinus*, parcialmente utilizada para receber os lançamentos do recém-implantado sistema de drenagem pluvial do Itapoã. Ainda na margem sul, em direção à DF-456, há áreas rurais, áreas de solo descoberto e o condomínio urbano La Font.

A partir do entroncamento da DF-250 com a DF-001 (km 0) até a entrada do condomínio Entrelagos observaram-se os seguintes passivos ambientais:

- Ausência ou cobertura vegetal incipiente tanto na margem norte como na margem sul da rodovia (solo exposto);
- Presença de lixo e entulho ao longo de todo segmento;
- Presença de remanescentes de vegetação nativa localizados principalmente na margem sul da rodovia, com exemplares esparsos de indivíduos arbóreos sobre uma camada graminosa.

De acordo com a classificação adotada por Walter (2006), esses remanescentes vegetacionais pertencem à fitofisionomia denominada cerrado *sensu stricto*:

- Presença de espécies arbóreas e arbustivas exóticas, assim como de gramíneas exóticas;
- Presença de processos erosivos iniciais, como por exemplo, ravinas e sulcos decorrentes do escoamento indisciplinado das drenagens pluviais.

Após a entrada do condomínio Entrelagos e até a altura da entrada do condomínio La Font há, na margem norte da rodovia, diversas bacias de retenção para águas pluviais.

Entre a entrada do condomínio La Font até aproximadamente 500 metros a montante do entroncamento com a DF-456, várias das bacias de retenção apresentam assoreamento, além de processos erosivos nas bordas, entradas e saídas de escoamento.

Entre aproximadamente 500 metros a montante e 400 metros a jusante do entroncamento com a DF-456 é que o processo erosivo toma proporções maiores, observando-se diversas voçorocas sequenciais. Em alguns taludes erodidos verifica-se presença de vegetação, viva e/ou morta, desbarrancamentos recentes, deposição de entulhos, pedras de mão e outros materiais, o que denota uma tentativa da população local de reduzir a velocidade do escoamento das águas pluviais. A Figura 2, mostra o desenvolvimento do processo erosivo.



Figura 2 – Trecho da voçoroca em direção ao Córrego Capão da Erva (AS CONSULT, 2018)

## Geomorfologia

O Distrito Federal está localizado no planalto central do Brasil, onde se localizam as cabeceiras dos três maiores rios brasileiros: Maranhão, afluente do rio Tocantins; o rio Preto, afluente do rio São Francisco; os rios São Bartolomeu e Descoberto, tributários do rio Paraná (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Ab'Saber (1977), no contexto regional, o Distrito Federal está inserido no domínio morfoclimático do cerrado cujas características geomorfológicas teriam resultado de uma prolongada interação de regimes climáticos tropical semiúmido com fatores litológicos, edáficos e bióticos.

Mauro *et al.* (1982) inseriam a região do Distrito Federal no “Domínio dos Planaltos em Estruturas Sedimentares Concordantes”, na subunidade denominada “Chapadas do Distrito Federal”, caracterizadas por um modelado contínuo constituído principalmente por uma superfície de aplainamento do terciário inferior; degradada e retocada por processos erosivos, predominantemente mecânicos, durante o quaternário que provocou a dissecação incipiente do modelado antigo. Acredita-se que ocorreram diferentes gerações de crostas lateríticas, entre o terciário e o quaternário, além da atuação na região de uma tectônica recente a qual responderia pelo embutimento de depressões com cerca de 900 a 950 metros no interior dos topos tabulares das chapadas, que em certas regiões situam-se em altitudes de 1.250 metros.

## Tipos de solo

Analizando o mapeamento de solos executado pelo serviço nacional de levantamento de solo (EMBRAPA, 1978), o Distrito Federal pode ter sua superfície territorial distinguida em dois núcleos em função dos tipos de coberturas. O primeiro é caracterizado pelo

conjunto de tipos pedológicos mais abundantes, no qual a representatividade espacial se expressa em torno de 85% e é constituído pelas seguintes classes de solos: latossolo vermelho, latossolo vermelho-amarelo e cambissolo háplico. Já o segundo grupo, o qual abrange aproximadamente 15%, refere-se aos demais tipos de solos identificados dentro dos limites do DF como classes de: nitossolo, chernossolo, gleissolo, organossolo, neossolo quartzarênico, neossolo flúvico e neossolo litólico, além de plintossolo.

## HISTÓRICO DA EROSÃO NA RODOVIA DF-250

Em meados de 1985, durante a implantação e pavimentação da rodovia, os solos oriundos dos empréstimos foram utilizados na execução dos aterros por insuficiência do volume dos cortes, por motivos de ordem tecnológica de seleção de materiais e de ordem econômica. A área total que contribuía para a rodovia DF-250 era de 752,940 ha e, a contribuição proveniente dessa área, foi amortecida nas caixas de empréstimos ao longo da rodovia. As caixas foram posicionadas ao lado do bordo esquerdo, onde o terreno está mais alto em relação à rodovia para que as contribuições advindas das áreas de contribuições, a montante da rodovia, fossem amortecidas nas caixas de empréstimos que funcionam como bacias de retenção e/ou detenção (DER/DF, 2018).

Antes das áreas serem ocupadas, a contribuição total das áreas era de 42,07 m<sup>3</sup>/s, que escoava de forma difusa ao longo da bacia e era amortecida dentro das caixas de empréstimos (DER/DF, 2018).

Depois das ocupações, as contribuições lançadas na faixa de domínio cresceram 173%, totalizando, 115,06 m<sup>3</sup>/s. Entre os meses de fevereiro de 2008 e outubro de 2009, a contribuição na faixa de domínio diminuiu com a implantação da drenagem de águas pluviais na Região Administrativa do Itapoã. É possível observar a vegetação na faixa de domínio nesse trecho depois da implantação da drenagem pluvial (DER/DF, 2018).

A área Itapoã foi dividida em duas bacias: uma que tem lançamento final no ribeirão Sobradinho e a outra com lançamento final no córrego Cachoeirinha (DER/DF, 2018).

O Itapoã apresenta rede de drenagem existente em condições de recebimento da vazão efluente da sub-bacia 1 do Itapoã Parque, uma vez que o seu dimensionamento considerou a impermeabilização com a ocupação urbana de sua área de contribuição (DER/DF, 2018).

Após o sistema de drenagem pluvial ter sido implantado na Região Administrativa do Itapoã, 45,945 m<sup>3</sup>/s deixou de ser lançado na faixa de domínio da rodovia DF-250, trecho em que as caixas de empréstimos encontram-se recuperadas, com vegetação.

O condomínio Novo Horizonte com área de 39,24 ha não possui sistema de drenagem implantado e lança 9,77 m<sup>3</sup>/s na faixa de domínio da rodovia. O núcleo rural Euler Paranhos não possui sistema de drenagem e as contribuições escoam nas ruas de acesso que funcionam como verdadeiros canais. Em vistoria ao local verificou-se que

as faixas de domínio até o limite entre o condomínio Mansões Entre Lagos encontram-se vegetados e que as erosões, estão localizadas em todo o trecho em frente ao núcleo rural Euler Paranhos (DER/DF, 2018).

O principal agente causador dos processos erosivos consiste na falta de sistemas de drenagem de águas pluviais para os parcelamentos urbanos existentes à margem da DF-250. Sendo assim, o escoamento pluvial alcançou volumes e velocidades acima do dimensionado inicialmente para a rodovia, culminando em uma voçoroca nas proximidades do Km 5,0, que pode inclusive comprometer a estrutura dessa rodovia comprometendo a segurança dos usuários (ARS CONSULT, 2018).

Portanto, para se recuperar as ravinas e voçorocas presentes na faixa de domínio da DF-250, deve-se inicialmente disciplinar o escoamento das águas que convergem para suas cabeceiras. Nesse sentido, destaca-se que a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil - NOVACAP, implantou sistema de drenagem pluvial no Itapoã, que contempla bacias de lançamento para receber os escoamentos pluviais da cidade de Itapoã e dos condomínios Novo Horizonte e Entrelagos.

No entanto, os condomínios Novo Horizonte e Entrelagos ainda não implantaram seus sistemas de drenagem, e continuam escoando suas águas pluviais para as margens da rodovia, contribuindo para o agravamento dos processos erosivos.

## **SOLUÇÕES PROPOSTAS**

O Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER-DF), buscando mitigar os impactos da voçoroca nas margens da DF-250, mais especificamente entre o km 1,35 ao km 5,2 e com o intuito de minimizar os impactos e atenuar o problema causado pela referida voçoroca, foram executados diversos levantamentos, análises e estudos com propostas de soluções, buscando o melhor custo/benefício. Abaixo estão descritas as sugestões de soluções baseadas principalmente em estudos ambientais (PRADA - Projeto de Recomposição de Área Degradada ou Alterada), desenvolvidos nos últimos anos.

### **Solução proposta em 2019**

Geograficamente a DF-250 possui uma situação que agrave os problemas relativos à drenagem pluvial rodoviária: ela não está nas regiões mais altas da bacia de contribuição. As caixas de empréstimos para a elevação do greide da pista forem locadas entre a via e as cotas mais altas de bacia de contribuição, em sua face norte. Esta ação fez com que o deflúvio proveniente das partes mais altas da bacia fosse interceptado pelo bordo da DF-250 causando alagamentos e, eventualmente transpondo-a.

Além disso, conforme já explanado, parte do deflúvio é forçosamente “canalizado” na faixa de domínio da DF-250 entre os condomínios e o bordo da pista. Dessa forma o

deflúvio que naturalmente era desaguado no córrego Cachoeirinha é lançado no córrego Capão da Erva. Como não houve reestabelecimento da conectividade com a sua bacia original através da implantação de bueiros de travessia de pista, a canalização do deflúvio culminou por causar a voçoroca no local onde se encontram as maiores declividades, próximo à entrada de Sobradinho dos Melos estendendo-se até o córrego Capão da Erva, conforme Figura 3.



Figura 3 - Fluxo Natural – Azul e Fluxo Atual – Vermelho (2019)

Sendo assim, estudou-se a possibilidade de se dividir a drenagem em dois lançamentos, assim distribuídos: um a ser realizado no córrego Cachoeirinha e outro no córrego Capão da Erva. Contudo, as interferências de solo enxarcado (campo de murundum), bem como área de propriedade privada impuseram grande dificuldade no lançamento referente ao córrego Cachoeirinha. No caso do córrego Capão da Erva, que seria a maior área de projeto se concentrava em um trecho de grande densidade populacional, possuindo assim maior quantidade de solo permeável. Isto posto necessitaria de uma solução robusta, com grande custo financeiro para execução. Entretanto as interferências fundiárias e o alto custo inviabilizaram a implantação da solução proposta.

Com a impossibilidade de implantação da solução inicial, adotou-se uma solução de propagação dos dispositivos de amortecimento até o início da voçoroca, considerando toda a área de contribuição.

A solução está assim descrita:

Foram criados 11 reservatórios de detenção. Pretendia-se manter o lançamento no Córrego Capão da Erva, mas o proprietário do terreno onde seria implantado o dissipador final de lançamento recusou-se a permitir sua construção, permitindo apenas que o dreno profundo da voçoroca realize o lançamento em seu terreno. Diante da inviabilidade de realizar o lançamento no terreno já escavado pela ação da voçoroca e lançar todo o

deflúvio no Córrego Capão da Erva, projetou-se o lançamento final do deflúvio amortizado pelos reservatórios no Córrego Fazendinha e o dreno profundo no Córrego Capão da Erva. Assim, pensou-se em recuperar a voçoroca com o dreno profundo e pedra britada mais recomposição do solo com material selecionado proveniente do solo escavado dos reservatórios, e com o plantio de espécies arbóreas recomendadas no Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD das obras de duplicação e pavimentação da DF-250, no trecho entre os entroncamentos com as rodovias DF-001 e DF-456, que já foi analisado e aprovado pelo IBRAM/DF (LOPES, C. A. A.; SANTOS, W. R.; NUNES, M. D. X.; 2019).

A Figura 4 apresenta o desenho do layout geral do sistema. Como orientação do layout de projeto, tem-se: (a) Área de contribuição em azul escuro; (b) Reservatórios de detenção em azul claro; (c) Rede de drenagem em azul escuro; (d) Área de cobertura da voçoroca em laranja; (e) Dreno de fundo da voçoroca em vermelho.



Figura 4 - Layout geral da solução (2019)

### **Solução proposta em 2021**

Em 2021 foi enviada a documentação (Projeto de Recomposição de Área Degradada ou Alterada - PRADA da Rodovia DF-250), ao órgão ambiental para licenciamento da obra de duplicação da DF-250. No entanto, foram exigidos outras documentações e estudos complementares, dentre eles o projeto executivo da referida obra de duplicação. Sendo assim, houve uma tomada de decisão para contratação dos projetos básico e executivo de recuperação de área degradada, na faixa de domínio da rodovia DF-250, compreendendo, necessariamente o tratamento à drenagem no lado esquerdo da referida faixa de domínio, sentido Planaltina do DF, no segmento compreendido entre o km 1.35 ao km 5.20, com extensão de 3,85 km. Após os levantamentos, estudos e análises, o projeto executivo propôs a seguinte solução, denominada *“Proposta para recuperação da voçoroca entre*

*a faixa de domínio da DF-250 e a mata de galeria do córrego Capão da Erva". A referida proposta consiste na recuperação da voçoroca entre o ponto de lançamento da Bacia 15, última no sistema de drenagem na faixa de domínio, e o início da mata de galeria do córrego Capão da Erva, conforme Figura 5.*

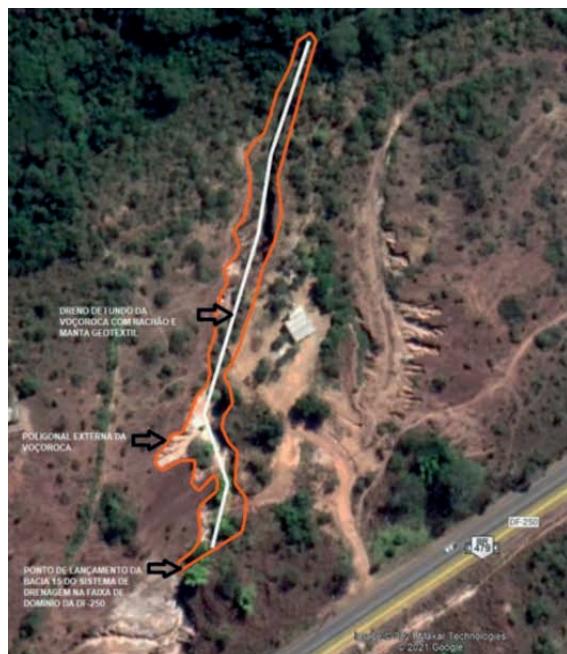


Figura 5 - Delimitação da poligonal da voçoroca e eixo do dreno de fundo (PRISMA CONSULTORIA, 2021)

A recuperação consiste nos seguintes passos:

- Recomposição topográfica e implantação da drenagem de fundo da voçoroca;
- Realização de um trabalho de regularização do fundo da voçoroca de forma que possa ser implantado o sistema de drenagem de fundo, nas etapas de corte do talude;
- Colocação de dreno, preenchimento com pedra rachão e manta geotêxtil.

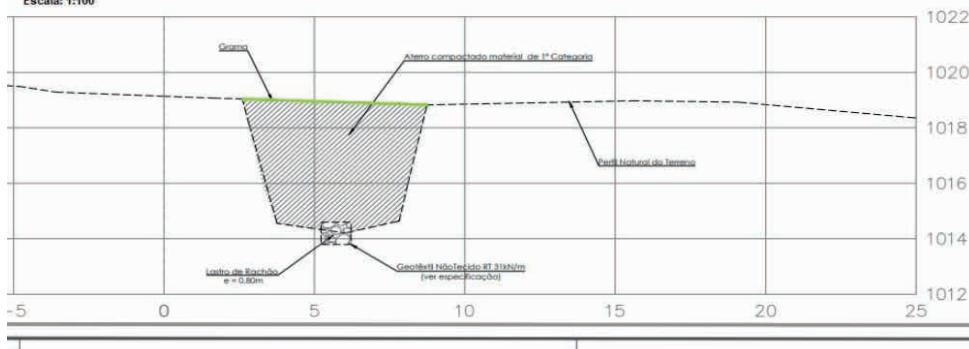


Figura 6 - Delimitação da poligonal da voçoroca e eixo do dreno de fundo (PRISMA CONSULTORIA, 2021)

Após realização do serviço de drenagem no fundo e antes do reaterro, será implantada 4 (quatro) barreiras dos represamentos em gabiões caixa, encaixada nas laterais da voçoroca desde o dreno de fundo até 1 metro acima do nível do terreno.

**Detalhe do Represamento em Gabiões Caixa**  
**Sem Escala**

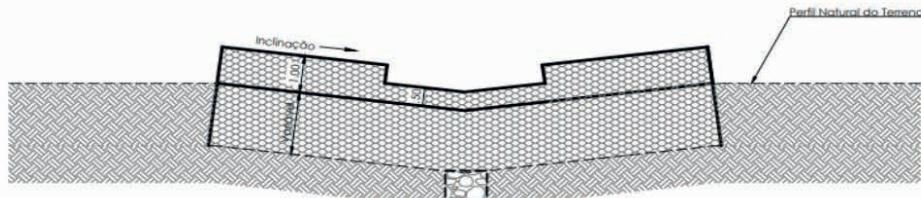


Figura 7 - Proposta de drenagem de fundo da voçoroca com utilização de rachão e manta geotêxtil (PRISMA CONSULTORIA, 2021)

Nesta etapa será executado o processo de preenchimento da voçoroca com material de 1ª categoria (terra de escavação) excedente na implantação do sistema de drenagem na faixa de domínio, sendo compactado em camadas de 0,5 metros de espessura de material, realizados ao longo de toda a voçoroca.

Com a finalidade de evitar novos processos erosivos e para que se tenha sucesso nos trabalhos de recuperação e recomposição da área degradada, as etapas finais consistem nos serviços de revegetação e monitoramento. A revegetação visa garantir maior estabilidade e resistência ao surgimento de processos erosivos e consequente carreamento do solo, bem como propicia que a área recuperada tenha novamente uma função ecológica, com o ressurgimento de organismos no solo, bem como fornecendo abrigo e alimentação à fauna local. O monitoramento e manutenção das medidas de recuperação e recomposição

adotadas deve durar no mínimo 2 (dois) anos ou o tempo necessário para que seja confirmada a estabilidade do solo e o sucesso da revegetação.

## CONCLUSÃO

O presente estudo de caso demonstrou o histórico do processo erosivo às margens da rodovia DF-250 e a solução encontrada para a problemática. Foi verificado que a ocupação desordenada do solo na Região Administrativa do Itapoã, contribuiu para a formação e evolução do processo erosivo. Após os estudos da voçoroca em questão, concluiu-se que era indispensável a recuperação da área degradada.

Com o objetivo primordial de restaurar e conservar a área afetada dentro da faixa de domínio da rodovia DF-250, a proposta apresentada para a recuperação da voçoroca consiste na instalação de drenagem profunda com utilização de pedra de mão e bacias de detenção, evidenciando uma abordagem sustentável que prioriza técnicas de engenharia com materiais minerais em vez de materiais industrializados, como tubos de PVC, por exemplo, entre outros. Além disso, destaca-se que a recuperação da área da voçoroca abrange também a revegetação e o monitoramento contínuo da área revegetada, o que aumenta as chances de ressurgimento da biodiversidade local, uma vez que evita terrenos acidentados e o transporte de solos férteis.

A recuperação de voçorocas requer uma abordagem multidisciplinar, envolvendo ações como o controle da erosão e/ou formação de ravinas, a instalação de redes de drenagem, a revegetação da área exposta e o adequado lançamento final do fluxo de água com amortecimento.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A.N. (1977). Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. Geomorfologia, v.53 p.1-23.

ARS Consult, Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD. Duplicação, pavimentação e drenagem pluvial da Rodovia DF-250 – Trecho entre a DF-001 e a DF-456 (Acesso a Sobradinho dos Melos). Brasília: DER/DF, 2010. Disponível: em: [\[https://sei.df.gov.br/sei/controlador.php?acao=procedimento\\_trabalhar&acao\\_origem=protocolo\\_pesquisa\\_rapida&id\\_protocolo=6698546&infra\\_sistema=100000100&infra\\_unidade\\_atual=110037144&infra\\_hash=10c68cb47514a1333e74b2995c60a47ff743e9a70b743691d9dc67737e05dbf\]](https://sei.df.gov.br/sei/controlador.php?acao=procedimento_trabalhar&acao_origem=protocolo_pesquisa_rapida&id_protocolo=6698546&infra_sistema=100000100&infra_unidade_atual=110037144&infra_hash=10c68cb47514a1333e74b2995c60a47ff743e9a70b743691d9dc67737e05dbf). Acesso em: 22/05/2023.

BRITO, Annanery de Oliveira. Estudos Da Erosão No Ambiente Urbano, Visando Planejamento E Controle Ambiental No Distrito Federal 2012. Dissertação (Mestrado e Engenharia Florestal) Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2012.

CAMAPUM de CARVALHO, J. C. (2006). Processos erosivos no centro oeste brasileiro. Editora FINATEC.

Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal - DER/DF. Relatório sobre a drenagem pluvial na DF-250. Brasília: DER/DF, junho de 2017. Assinado por: Maria de Fátima Mendonça Siqueira, Engª Civil/DEP/DITEC/DER-DF. Disponível em: [Inserir a URL ou DOI aqui]. Acesso em: 22/05/2023.

DINIZ, M. A. M.; DINIZ, R. S. M.; DINIZ, G. S. M. Elaboração de Projeto Básico e Executivo de Drenagem da Faixa de Domínio (Lado Esquerdo) da Rodovia DF-250, no Segmento Compreendido Entre o Km 1,35 Ao Km 5,2, para Recomposição de Área Degrada. Brasília-DF, 2021

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (1978). Mapa de solos do Distrito Federal (1:100.000). Brasília: EMBRAPA-EPI. - Serviço de Produção de Informação.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2006). Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF): sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília: EMBRAPA-EPI. 412p.

GUERRA, A. J. T. A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos. Revista Bahia Análise e Dados. v. 13, n. Especial, p.385-389, 2003. Salvador – Bahia.

LOPES, C. A. A.; SANTOS, W. R.; NUNES, M. D. X. Projeto de Recomposição de Área Degrada ou Alterada (PRADA) – DER/DF – Brasília-DF, 2019

MEGDA, O. R. Impactos das erosões aceleradas em meio urbano: o caso do município de Franca – São Paulo. Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, 2011- Costa Rica. II Semestre 2011 pp. 1-19

MAURO, C.A.; DANTAS, M.; ROSO, F.A. (1982). Geomorfologia. In: BRASIL, MME. Folha SD-23 Brasília. Rio de Janeiro. Projeto RADAM BRASIL. [s.n.], v.29. p. 205- 296.

MOLINERO, Giuliano Renato. Modelagem De Previsão De Evolução De Processos Erosivos. 2007. Tese (Doutorado em Geotecnologia) Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2007.

OLIVEIRA, Bruno Eduardo Nobrega de. (2011). Mapeamento, identificação e análise dos fatores relacionados aos processos erosivos do Distrito Federal (DF) - Ênfase nas Voçorocas. 2011. Dissertação (Mestrado e Engenharia Florestal) Universidade de Brasília – UnB, Brasília-DF, 2011.

OLIVEIRA, Bruno Eduardo Nobrega de. (2011) Mapeamento, Identificação e Análise dos Fatores Relacionados aos Processos Erosivos no Distrito Federal (DF) – Ênfase nas Voçorocas. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília, 180p.

PIRES, Renan Rodrigues, & CARMO JUNIOR, Gercina Nobre da Rocha (2018). Processos erosivos em rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento. Revista E&S Engineering and Science, v.7 (nº4), p. 2–23.

RIDENTE JÚNIOR, José Luís. Análise da utilização de cartas geotécnicas em diferentes escalas para a gestão ambiental de rodovia em operação. 2008. Tese (Doutorado em Geociências) Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro-SP, 2008.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares.; IWASA, Oswaldo Yujiro. Erosão e a ocupação rural e urbana. Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE/IPT, p. 31, 1995.

VIEIRA, A. F. G. Erosão por voçoroca em áreas urbanas: o caso de Manaus (AM). Dissertação de Curso de Mestrado em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da UFSC – Santa Catarina – 1998

VIEIRA, A. F. G.; MOLINARI, D. C.; MUNIZ, L. S. Caracterização Geral das Voçorocas do Cirmam: Manaus – AM. V Simpósio Nacional de Geomorfologia, I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSM - RS, 2004

WALTER, B. M. Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas. Tese de Doutorado, UnB, Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas. Brasília: UnB, 2006. 373

<https://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2022/05/Itapoa.pdf>. Acesso em: 22/05/2023.

## PROPOSTA DE DIMENSINAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO PARA ÁGUAS RESIDUÁRIAS DA SUINOCULTURA

---

*Data de submissão: 16/12/2023*

*Data de aceite: 26/01/2024*

**Jacob Santana de Lima Neto**

UFRRJ, Instituto de Tecnologia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/1520152609696743>

**Thamires Franco da Conceição**

UFRRJ, Instituto de Tecnologia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/1347890656171385>

**Henrique Vieira de Mendonça**

UFRRJ, Instituto de Engenharia

Seropédica – RJ

<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

**RESUMO:** A escassez hídrica é uma das principais problemáticas da atualidade, seus impactos nos meios de produção são notórios e tal situação tem sido discutido à níveis globais. Um influenciador na questão da demanda hídrica é o sistema produtivo, a produção intensiva em larga escala ocasiona sérios desafios como o tratamento de resíduos animais os quais pode representar um risco direto para o ambiente e a saúde. Diante disso o objetivo deste trabalho foi propor o dimensionamento de um sistema eficiente de tratamento de efluentes industriais da suinocultura que integre processos de tratamento biológico

e produção de biogás a partir do metano ( $\text{CH}_4$ ), visando o atendimento dos padrões legais de lançamento de efluentes em corpos hídricos e a mitigação da emissão de (GEE). O tratamento proposto foi subdividido em cinco processos unitários: gradeamento, desarenador aerado, calha Parshall, reator UASB e lagoas de nitrificação/desnitrificação. Os tratamentos apresentaram eficiência na redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) em 69 % e 61,3%, bem como a redução de Nitrogênio Total (Nt) e Fósforo Total (Ft) em 90% e 75% respectivamente. Isso mostra que os processos unitários escolhidos foram eficientes na remoção destes nutrientes, evidenciando assim a eficácia da sequência do tratamento proposto.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reator UASB, CONAMA, poluentes, biogás, energia.

### PROPOSAL FOR SIZING A TREATMENT PLANT FOR SWINE WASTEWATER

**ABSTRACT:** A water scarcity is one of the major issues of our time; its impacts on production systems are noticeable, and this situation has been discussed at a global

level. One influencer in the issue of water demand is the production system; large-scale intensive production poses serious challenges, such as the treatment of animal waste, which can represent a direct risk to the environment and health. Therefore, the aim of this study was to propose the dimensioning of an efficient system for treating industrial effluents from pig farming, integrating physical/chemical treatment processes and biogas production from methane ( $\text{CH}_4$ ). The goal is to meet legal standards for effluent discharge into water bodies and mitigate greenhouse gas emissions. The proposed treatment was subdivided into five unit processes: screening, aerated grit chamber, Parshall flume, UASB reactor, and nitrification/denitrification ponds. The treatments showed efficiency in reducing Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) by 69% and 61.3%, respectively, as well as reducing Total Nitrogen (TN) and Total Phosphorus (TP) by 90% and 75%, respectively. This indicates that the chosen unit processes were effective in removing these nutrients, demonstrating the effectiveness of the proposed treatment sequence.

**KEYWORDS:** UASB reactor, CONAMA, pollutants, biogas, energy.

## 1 | INTRODUÇÃO

A prática da produção pecuária intensiva exerce um impacto ambiental significativo devido à emissão de gases do efeito estufa (GEE), dentre estes o metano ( $\text{CH}_4$ ) e óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), além do excesso de esterco que requer tratamento eficiente. As águas residuárias, provenientes da suinocultura, contêm impurezas, poluentes e contaminantes que podem causar danos aos ecossistemas e à saúde humana quando são lançadas diretamente no meio ambiente sem tratamento (WU; CHENG; CHANG, 2020).

Associado a tal ocasião, surgem preocupações sobre a disponibilidade limitada de recursos naturais para atender às crescentes necessidades das sociedades. A escassez de água é uma realidade presente em quase todos os países do mundo. Mesmo aqueles com abundância hídrica enfrentam desafios devido à poluição dos recursos hídricos, causada pela descarga excessiva destas águas residuais, resultando na deterioração da qualidade da água e danos aos ecossistemas aquáticos (CASTRO et al., 2020; KUMAR et al., 2018).

O tratamento de águas residuárias emerge como uma alternativa à problemática do lançamento inadequado destas águas em corpos hídricos e de sua escassez. A escolha do tratamento dependerá das características específicas da fonte do efluente e dos padrões de qualidade exigidos para sua destinação final, onde são empregadas diversas tecnologias, como gradeamento, sedimentação, processos biológicos, químicos entre outros, os quais podem ser adaptados e combinados de acordo com a necessidade específica de cada efluente (DENG et al., 2023; JOÃO et al., 2018).

A água residuária proveniente dos dejetos da suinocultura possuem concentrações elevadas de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Nitrogênio Total (Nt), Potássio (K) e Fósforo Total (Pt) (D'AQUINO; DE MELLO; JÚNIOR, 2019; WU; CHENG; CHANG, 2020). Dados do MAPA (2016), caracterizaram os dejetos produzidos da suinocultura na fase de crescimento, estes apresentaram as seguintes concentrações mínimas destes nutrientes:

DQO 11.530 mg/L, Nt 1.660 mg/L, Pt 320 mg/L e K 260 mg/L, Sólidos Totais (ST) 12.697 mg/L e Sólidos Voláteis (SV) 8.429 mg/L. Tais índices demonstram que a água resíduária da suinocultura não atende os padrões mínimos exigidos na CONAMA 430/2011 para lançamento de efluentes em corpos hídricos (BRASIL, 2011).

O tratamento apropriado depende das características do efluente e do ambiente receptor. As operações em estações de tratamento podem se subdividir em: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário (caso exija maior eficiência). Essas etapas são executadas em processos unitários.

Como tratamento preliminar sugere-se os processos de gradeamento, desarenadores, estes podendo ser complementados por peneiras e decantadores, para remover eficientemente os sólidos grosseiros. Para remoção de sólidos em suspensão e matéria orgânica, ou tratamento primário pode-se utilizar da coagulação, floculação, flotação e decantação (METCALF E EDDY, 2016; NUNES, 2008).

Como tratamento secundário, a fim de se remover compostos e matéria orgânica biodegradável solúvel, aplica-se os processos biológicos como Lodos Ativados Lagoas, Filtros Biológicos etc. Por fim caso exija um grau maior de desinfecção, remoção de nutrientes ou metais pesados, opta-se por utilizar o tratamento terciário.

Outro fator que norteia o tratamento dessa água resíduária consiste na sua potencialidade energética. As emissões de GEE podem ser reduzidas no tratamento da água resíduária da suinocultura ao se aplicar processo de digestão anaeróbica, certo que elas possuem potencial na conversão resíduos orgânicos em biogás. Ademais o tratamento de dejetos suíços por digestão anaeróbica poderia garantir os menores impactos ambientais líquidos ao utilizar biogás para produção de eletricidade (NATIVIDAD PÉREZ-CAMACHO; CURRY; CROMIE, 2019; RAMIREZ-ISLAS et al., 2020).

Diante desses aspectos, o tratamento de água resíduária envolve diversas etapas e tecnologias que funcionam em conjunto para transformar águas poluídas em efluentes tratados, com qualidade dentro dos padrões regulatórios e ambientais, como dispõe as resoluções do CONAMA 357/2005 e 430/2011, bem como na conversão energética por meio da matéria orgânica disponível (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

Portanto, o tratamento de águas resíduárias da suinocultura compreende-se como uma etapa importante no ciclo da água, desempenhando um papel vital na conservação dos recursos hídricos e na proteção da saúde pública e do meio ambiente. À medida que o crescimento populacional e a urbanização se fazem notar, a pressão sobre os recursos hídricos também se intensifica, com isso se faz necessário o tratamento de efluentes para a manutenção desses recursos.

## 2 | OBJETIVO

Desenvolver e dimensionar um sistema eficiente de tratamento de águas resíduárias

da suinocultura que integre processos de tratamento físico/químico e produção de biogás a partir do metano ( $\text{CH}_4$ ), visando o atendimento dos padrões legais de lançamento de efluentes em corpos hídricos e a mitigação da emissão de (GEE).

### 3 | MATERIAL E MÉTODO

Para dimensionamento dos processos unitários, será considerado os seguintes dados da tabela 1, abaixo.

INDICADOR	QUANTIDADE	UNIDADE DE MEDIDA	
Quantidade de animais	15000	animais	
Per Capita média	45	L/animaldia	
Vazão diária	675	$\text{m}^3/\text{dia}$	
DQO	12000	mg/L	
DBO	4000	mg/L	
Nt	1800	mg/L	
Pt	150	mg/L	
EQUALIZAÇÃO			
VAZÃO EQUALIZAÇÃO	168,75	$\text{m}^3/\text{dia}$	
CARACTERÍSTICA DA VAZÃO	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	VAZÃO (L/s)	VAZÃO ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Vazão mínima	56,25	15,62	0,0156
Vazão média	112,5	31,25	0,0312
Vazão máxima	168,75	46,87	0,0468

Tabela 1: Ciclo Completo da Suinocultura: dados iniciais de projeto

Fonte: Os autores (2023)

Para dimensionamento das etapas de tratamento foram utilizadas equações dos autores: Ferraz e Evódio (1980); Nunes (2010); Nunes (2008); Metcalf e Eddy (2016) e Kunn, Steinmetz, Amaral (2019).

#### 3.1 GRADEAMENTO

Primeira etapa preliminar do tratamento de efluentes escolhida para o desenvolvimento deste projeto foi o gradeamento. Sua principal função é capturar e eliminar resíduos sólidos grosseiros, como galhos, plásticos e outros materiais em suspensão, que poderiam causar obstruções nas tubulações e prejudicar o processo de tratamento.

Memorial de Equação e Dimensionamento da Grade

- Equação da eficiência de remoção da grade – (NUNES, 2010).

$$E = \frac{a}{t+a} \quad \text{Equação 1}$$

Legenda: a: espaçamento entre barras – mm; t: espessura da barra – mm.

- Equação da área útil da grade.

$$Au = \frac{Qmáx}{V} \quad \text{Equação 2}$$

Legenda: Qmáx: vazão máxima de projeto – m<sup>3</sup>/s; V: velocidade de escoamento do efluente m/s.

Será adotado conforme proposto por Nunes (2010) a velocidade de escoamento de 0,6 m/s, valor usual para projetos.

- Equação da área total da grade – (NUNES, 2010).

$$At = \frac{Au}{E} \quad \text{Equação 3}$$

Legenda: Au: área útil da grade – m<sup>2</sup>;

E: eficiência de remoção – %.

- Equação da largura do canal em que a grade estará acoplada – Nunes (2010).

$$b = \frac{At}{h * máx} \quad \text{Equação 4}$$

Legenda: At: área total da grade – m<sup>2</sup>; h máx: altura máxima de lâmina de água que antecede o rebaixo (Calha Parshall)

- Equação da velocidade máxima – (NUNES, 2010).

$$Vmáx = \frac{Qmáx}{Au} \quad \text{Equação 5}$$

Legenda: Qmáx: vazão máxima de projeto – m<sup>3</sup>/s; Au: área útil da grade – m<sup>2</sup>.

- Equação da Perda de Carga – (NUNES, 2010).

$$hf = 1,43 * \frac{V^2 - v^2}{2g} \quad \text{Equação 6}$$

Legenda: V<sup>2</sup>: velocidade de escoamento do efluente entre as barras – m/s; v<sup>2</sup>: velocidade de escoamento do efluente a montante da grade – m/s; g: aceleração da gravidade – 9,8 m/s<sup>2</sup>.

Verificando a equação 6, precisa-se encontrar as duas velocidades, sendo elas a velocidade de escoamento do efluente entre as barras (V) e velocidade escoamento a montante da grade (v). As equações 7 e 8 permitem encontrar tais velocidades.

Considerando que possa haver uma obstrução de 50% na grade e relacionando a  $V_0$  que é a velocidade de escoamento de projeto (0,6 m/s), adotada de acordo com Nunes (2010), tem-se que:  $V = 2 \times V_0$ , logo:

$$V = 2 * V_0$$

*Equação 7*

- Equação da velocidade de escoamento do efluente a montante da grade.

$$v = V_0 * E$$

*Equação 8*

Após encontrar a velocidade de escoamento do efluente entre as barras –  $V$  (equação 7) e a velocidade escoamento a montante da grade –  $v$  (equação 8), procede-se o cálculo da perda de carga (equação 6), substituindo os valores encontrados, e em seguida dimensiona-se o comprimento da grade (equação 9).

- Equação do comprimento de grade – (NUNES, 2010).

$$x = \frac{hv}{\sin \sin 45^\circ}$$

*Equação 9*

Onde,  $hv = h_{\text{máx}} + hf + D + h_{\text{prof}}$ , no qual ( $D$  = diâmetro da tubulação que transporta o efluente até a grade, adotado para este dimensionamento 0,25) e ( $h_{\text{prof}}$  = profundidade, adotada para este dimensionamento 0,10). Logo calcula-se:

$$hv = h_{\text{máx}} + hf + 0,25 + 0,10$$

*Equação 10*

- Equação da quantidade de barras – (NUNES, 2010).

$$n = \frac{b}{a+t}$$

*Equação 11*

Legenda:

$b$ : largura do canal – mm;  $t$ : espessura da barra de 6,35mm;  $a$ : espaçamento entre barras de 20 mm.

- Equação do espaçamento entre barras e a lateral do canal do projeto (PARA 12 BARRAS) – (NUNES, 2010).

$$e = b - [n * t + (n - 1) * a]$$

*Equação 12*

Legenda:  $b$ : largura do canal – mm;  $t$ : espessura da barra de 6,35mm;  $n$ : número de barras;  $a$ : espaçamento entre barras de 20 mm.

### 3.2 CAIXA DE AREIA AERADA

A etapa de desarenação foi dimensionada conforme equações de 13 a 18, a fim de se remover partículas sólidas, como areia, argila e silte, presentes no efluente.

Memorial de cálculo e dimensionamento Caixa de Areia Aerada

- Equação da vazão de pico, com caixa de areia com vazão diária – (METCALF E EDDY, 2016).

$$Q_{pic} = Q_{máx} \times Fator\ de\ Pico\ (2,75)$$

Equação 13

- Equação do volume da caixa de areia, com duas câmaras de retenção e período de retenção média de 3 minutos – (METCALF E EDDY, 2016).

$$V_{caixa} = 0,5 \times Q_{pic} \times t$$

Equação 14

Legenda:  $Q_{pic}$ : vazão de pico –  $m^3/s$ ;  $t$ : tempo de retenção média – s.

- Equação do comprimento da caixa de areia. As dimensões adotadas foram com proporção de largura/profundidade de 1:1 com profundidade de 2 m. Logo a largura é de 2 m – (METCALF E EDDY, 2016).

$$B = \frac{V_{caixa}}{largura \times profundidade}$$

Equação 15

- Equação de tempo de retenção médio em cada caixa de areia – (METCALF E EDDY, 2016).

$$t = \frac{V_{caixa}}{\frac{Q_{máx}}{2}}$$

Equação 16

Legenda:  $V_{caixa}$ : Volume da caixa –  $m^3$ ;  $Q_{máx}$ : vazão máxima de projeto –  $m^3/s$ .

- Equação para dimensionar quantidade de ar necessária, assumindo que seja inserido  $0,3\ m^3/min.m$  de comprimento de ar – (METCALF E EDDY, 2016).

$$AR = B \times Ar\ inserido$$

Equação 17

Legenda:  $B$ : comprimento da caixa – m.

- Equação para dimensionar o volume areia diário. Assumindo fator de disposição de areia de  $0,05\ m^3/10^3\ m^3$  – (METCALF E EDDY, 2016).

$$V_{areia} = Q_{máx} \times 86400 \frac{s}{dia} \times 0,05\ m^3/10^3$$

Equação 18

### 3.3 MEDIDOR DE VAZÃO – CALHA PARSHAL

O Medidor de Vazão Calha Parshal (MVCP) consistirá numa estrutura com uma calha de formato específico, incluindo seções convergente, garganta e divergente, permitindo controlar o fluxo e medir a altura da água no canal.

Memorial de cálculo e dimensionamento do MVCP.

- Equações das alturas das lâminas de água mínima, média e máxima.

$$Hmín = \left( \frac{Qmín}{k} \right)^{\frac{1}{n}} \quad Equação 19$$

$$Hméd = \left( \frac{Qméd}{k} \right)^{\frac{1}{n}} \quad Equação 20$$

$$Hmáx = \left( \frac{Qmáx}{k} \right)^{\frac{1}{n}} \quad Equação 21$$

Legenda: H: altura da lâmina – m; Qmín: vazão mínima do projeto – m<sup>3</sup>/s; Qméd: vazão média do projeto – m<sup>3</sup>/s; Qmáx: vazão máxima do projeto – m<sup>3</sup>/s; K: constante de Parshall, conforme largura da garganta (W), tabela 3; n: constante de Parshall, conforme largura da garganta (W), tabela 3.

Os valores de n e K por base em W=3", respectivamente 1,457 e 0,176 (NUNES, 2010).

- Cálculo do Rebaixão do "MVC 3".

$$Z = \frac{Qmáx*Hmín - Qmín*Hmáx}{Qmáx - Qmín} \quad Equação 22$$

Legenda: Hmín: altura da lâmina de água mínima – m; Hmáx: altura da lâmina de água máxima – m; Qmín: vazão mínima do projeto – m<sup>3</sup>/s; Qmá: vazão máxima do projeto – m<sup>3</sup>/s.

- Equações das alturas das lâminas de água mínima, média e máxima que antecede o rebaixão (NUNES, 2010).

$$h\ min = Hmín - Z \quad Equação 23$$

$$h\ méd = Hméd - Z \quad Equação 24$$

$$h\ máx = Hmáx - Z \quad Equação 25$$

Onde: Hmín: altura da lâmina de água mínima – m; Hméd: altura da lâmina de água média – m; Hmáx: altura da lâmina de água máxima – m; Z: rebaixão – m.

### 3.4 TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

O tanque de equalização foi projetado para temporariamente armazenar e equalizar os efluentes antes de seguirem para etapa biológica de tratamento. Ele regulariza as variações de vazão e composição dos efluentes causadas por atividades sazonais ou horários de produção, evitando sobrecargas nos estágios subsequentes do tratamento.

Memorial de cálculo e dimensionamento do Tanque de Equalização.

- Equação do Volume do Tanque Equalização – (NUNES, 2008).

$$Veq = (Qe - Qs) * t \quad Equação 26$$

- Primeiramente é necessário calcular a vazão de saída do Tanque de Equalização –  $Q_s$  – (NUNES, 2010).

$$Q_s = \frac{Q_{ext}}{T_{eq}}$$

Equação 27

Legenda:  $V_{eq}$ : volume do tanque de equalização –  $m^3$ ;  $Q_e$ : vazão de entrada –  $m^3/h$ ;  $Q_s$ : vazão de saída –  $m^3/h$ ;  $T_{eq}$ : tempo de retenção e equalização – h;  $t$ : tempo de funcionamento da ETE.

Em seguida foram calculados: tempo de retenção hidráulica (Equação 28), dimensionamento do tanque (Equações 29 e 30) e a potência do agitador mecânico (Equações 31 e 32) – (NUNES, 2008).

$$t = \frac{V_{eq}}{Q_e} \quad \text{Equação 28}$$

$$L^2 = \frac{Vt}{H} \quad \text{Equação 29}$$

$$V_{tot} = V_{eq} + [(L^2) * h_{min}] \quad \text{Equação 30}$$

$$P = \frac{Dp * V_{tot}}{745} \quad \text{Equação 31}$$

$$P_n = \frac{1.50 * P}{0.8} \quad \text{Equação 32}$$

Onde:  $V_{eq}$ : volume do tanque de equalização –  $m^3$ ;  $Q_e$ : vazão de entrada –  $m^3/h$ ;  $L$ : largura de seção quadrada – m;  $H$ : profundidade adotada – 2,0 m;  $h_{min}$ : profundidade mínima – 1,0 m;  $V_{tot}$ : volume total do Tanque de Equalização –  $m^3$ ;  $Dp$ : densidade de potência adotada – 10 W/m3;  $P_n$ : potência nominal do agitador – HP.

### 3.5 REATOR UASB

Para o dimensionamento do reator UASB, foi considerado a velocidade ascensional de 1 m/h, com altura do líquido no biodigestor de 6 m, e altura do coletor de gás de no mínimo 25% da altura do biodigestor, conforme recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) – Suínos e Aves.

Memorial de cálculo e dimensionamento do Reator UASB.

As equações 33 a 41 são propostas por Kunn, Steinmetz, Amaral (2019).

- Equação do volume do reator a partir da Carga Orgânica Volumétrica

$$V = (Q \times DQO) / COV \quad \text{Equação 33}$$

- Equação do Tempo de Retenção Hidráulica.

$$TRH = V/Q \quad \text{Equação 34}$$

- Equação da área e comprimento do reator.

$$A = V/HL$$

Equação 35

$$L^2 = A/2$$

Equação 36

- Equação da altura total do reator.

$$HT = HL + HG$$

Equação 37

- Equação da eficiência do tratamento da DQO.

$$EF = 100 \times (1 - 0,68 \times t^{-0,35})$$

Equação 38

- Equação da estimativa de saída de DQO.

$$DQO_{SAÍDA} = DQO_{ENTRADA} - (EF \times DQO_{ENTRADA})/100$$

Equação 39

- Equação da eficiência do tratamento da DBO.

$$EF = 100 \times (1 - 0,70 \times t^{-0,5})$$

Equação 40

- Equação da estimativa de saída de DBO.

$$DBO_{SAÍDA} = DBO_{ENTRADA} - (EF \times DBO_{ENTRADA})/100$$

Equação 41

Legenda: Q: vazão diária –  $m^3/d$ ; COV: carga orgânica volumétrica atotada – 2,5  $DQO_{sol} m^3/dia$ ; V: volume do reator –  $m^3$ ; A: área do reator –  $m^2$ ; L: largura de seção quadrada – m; HL: altura do biodigestor com base no volume de **líquido no** reator adotado – 6,0 m; HG: altura do coletor de gás – 25 % de HL; HT: altura total do reator – m; t: tempo de retenção hidráulica – dias;

## Produção de biogás.

De acordo com metodologia da EMBRAPA – Suínos e Aves, estima-se que, para cada 1  $m^3$  do reator UASB gera-se de 0,5 a 1,6  $m^3$  de biogás, com média de 1  $m^3$  de biogás, este por sua vez é composto em média por 65% de  $CH_4$  (KUNZ; HIGARASHI; OLIVEIRA, 2014; NETO et al., 2015). Logo a produção de biogás e de metano neste sistema são calculados a partir das equações 42 e 43.

- Equação estimativa da produção de biogás.

$$Q_{BIOGÁS} = \frac{(1 m^3_{BIOGÁS})}{dia} \times V$$

Equação 42

- Equação da estimativa produção de metano.

$$Q_{CH4} = Q_{BIOGÁS} \times 0,65$$

Equação 43

Legenda:  $Q_{\text{BIOGÁS}}$ : vazão diária de biogás –  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $V$ : volume do reator –  $\text{m}^3$ ;  $\text{COV}$ : carga orgânica volumétrica atotada –  $2,5 \text{ DQO}_{\text{sol}} \text{ m}^3/\text{dia}$ ;  $Q_{\text{CH}_4}$ : vazão diária de metano –  $\text{m}^3/\text{d}$ .

## Memorial de cálculo do dimensionamento dos leitos de secagem de lodo do reator.

Para calcular a área necessária para os leitos de secagem foi adotado como coeficiente de produção do lodo  $0,15 \text{ KgSS/KgDBO}$  e uma taxa de aplicação de sólidos =  $T_{\text{LEITO}}$   $15 \text{ KgSST}$ , conforme metodologia de Nunes (2010).

- Equação da produção de sólidos no sistema.

$$P_{\text{Lodo}} = Y \times CO_{\text{DQO}}$$

Equação 44

- Equação do Volume de lodo produzido diariamente no reator UASB.

$$V_{\text{Lodo}} = \frac{P_{\text{Lodo}}}{V \times C_{\text{Lodo}}}$$

Equação 45

- Equação de massa de lodo retirada do reator UASB.

$$M_C = P_{\text{Lodo}} \times tc$$

Equação 46

- Equação do volume retirado do reator UASB.

$$Vc = V_{\text{LODO}} \times t_{\text{REATOR}}$$

Equação 47

- Equação da área necessária de leitos de secagem.

$$A_{\text{LEITO}} = M_C / T_{\text{LEITO}}$$

Equação 48

- Equação da altura da lâmina de lodo.

$$H_{\text{Lodo}} = V_C \div A_{\text{Leito}}$$

Equação 49

Legenda:  $Y$ : coeficiente de produção de lodo –  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $V$ : volume do reator –  $\text{m}^3$ ;  $V_c$ : volume de lodo retirado do reator UASB –  $\text{m}^3$ ;  $\text{CO}_{\text{DQO}}$ : carga orgânica da DQO –  $\text{Kg DBO}/\text{dia}$ ;  $C_{\text{LODO}}$ : coeficiente de produção de lodo –  $\text{KgSS/KgDBO}$ ;  $M_c$ : massa de lodo retirada do reator UASB –  $\text{KgSST}$ ;  $tc$ : tempo secagem – dias;  $t_{\text{REATOR}}$ : período de tempo entre as remoções de lodo do reator UASB – dias;  $T_{\text{LEITO}}$ : taxa de aplicação de sólidos –  $\text{KgSST}$ ;  $A_{\text{LEITO}}$ : área do leito de secagem –  $\text{m}^2$ ;  $H_{\text{LODO}}$ : altura da lâmina de lodo –  $\text{m}$  ou  $\text{cm}$ .

## 3.6 NITRIFICAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO

A nitrificação convencional é uma reação microbiana que utiliza oxigênio para oxidar

o nitrogênio. Por sua vez, a desnitrificação, parte do ciclo do nitrogênio, converte nitrito ( $\text{NO}_3^-$ ) em nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) em ambientes sem oxigênio.

Para aplicação deste método foi preciso levar em consideração tais aspectos, segundo (KUNN, STEINMETZ, DO AMARAL, 2019): A proporção de recirculação do lodo foi estabelecida em 5,0; a carga de NTK não foi permitida exceder  $0,35 \text{ Kg m}^3/\text{d}$ ; o reator de desnitrificação foi dimensionado com 20% de redução em relação ao reator de nitrificação. Foi adotada a taxa de escoamento superficial (TES) de  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ , com um tempo máximo de retenção hidráulica (TRH) de 1 hora e a vazão de projeto foi de  $675 \text{ m}^3/\text{d}$ .

Memorial de cálculo do dimensionamento dos sistemas de nitrificação e desnitrificação para remoção de nitrogênio e fósforo.

As equações 50 a 58 são propostas por Kunn, Steinmetz, Amaral (2019).

- Equação de volume do reator de nitrificação.

$$V_{NIT} = \frac{\text{Nt} \times Q}{CV(NTK)} \quad \text{Equação 50}$$

- Equação do volume reator de desnitrificação.

$$V_{DESNIT} = V_{NIT} - (V_{NIT} \times 0,2) \quad \text{Equação 51}$$

- Equação da área superficial do decantador de lodo.

$$S_{DEC} = \frac{Q}{TES} \quad \text{Equação 52}$$

- Equação do volume do decantador.

$$V_{DEC} = Q \times TRH \quad \text{Equação 53}$$

Como o volume do decantador de desnitrificação foi menor que 5% do volume do reator de nitrificação, por motivo de segurança torna-se necessário recalcular o volume do decantador a partir da equação 54.

- Equação do volume do decantador.

$$V_{DEC} = V_{NIT} \times 0,05 \quad \text{Equação 54}$$

- Equação da altura do decantador.

$$h_{DEC} = V_{DEC}/S_{DEC} \quad \text{Equação 55}$$

- Equação do raio do decantador.

$$r = \sqrt[2]{(S_{DEC}/\pi)} \quad \text{Equação 56}$$

A remoção de Nt e de Pt fica em torno de 90% e 75% respectivamente (KUNN,

STEINMETZ, DO AMARAL, 2019). Dessa forma por meio da equação 57 é possível estimar a carga final desses poluentes.

- Equação da estimativa de saída de Nt e Pt.

$$S = So - (EF \times So) / 100$$

Equação 57

Legenda:  $V_{NIT}$ : volume do reator de nitrificação – m<sup>3</sup>;  $V_{DESNIT}$ : volume do reator de nitrificação – m<sup>3</sup>;  $V_{DEC}$ : volume do decantador – m<sup>3</sup>; Nt: concentração de Nitrogênio Total – mg/L; CV: carga orgânica volumétrica – Kg m<sup>3</sup>/d;  $S_{DEC}$ : área superficial do decantador – m<sup>2</sup>;  $h_{DEC}$ : altura do decantador – m; Q: vazão diária – m<sup>3</sup>/d; TES: taxa de escoamento superficial – m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>d; TRH: tempo de retenção hidráulica – h.

### 3.7 PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO METANO

Para se estimar a produção de energia a partir do metano, foi utilizada a equação 58, tendo como estimativa de Ferraz e Evódio (1980), que 1 m<sup>3</sup> de biogás gera 1,43 KWh de energia.

- Equação da estimativa de produção de energia.

$$E = 1,43 \frac{KWh}{m^3} \times Q_{CH4}$$

Equação 58

Legenda: E: estimativa de produção de energia – KWh/dia.

## 4 | RESULTADOS

### 4.1 GRADEAMENTO

Conforme a norma NBR 12209:2011 (tabela 2), as grades são classificadas com base no espaçamento entre as barras, o qual é restrito a uma faixa de 10 a 100 mm, visando assegurar a adequada manutenção sistema e escolher o espaçamento mais adequado para o tratamento.

Nunes (2008) sugere que é essencial adotar uma velocidade específica para o efluente em tratamento, situando-se entre 0,4 e 0,75 m/s. Outro ponto importante é a inclinação das grades, que deve variar de 30° a 60° graus, tal inclinação tem como premissa a escolha do tipo de grade. Essa vantagem facilita a remoção dos sólidos retidos e otimiza sua manutenção.

CLASSIFICAÇÃO DA GRADE	ESPAÇAMENTO (mm)	SEÇÃO DA BARRA (mm)	INCLINAÇÃO (º)
Finas	10 a 20	6,35x38,10 7,94x38,10 9,52x38,10	30 a 45
Média	20 a 40	7,94x50,8 9,52x38,10 9,52x50,8	30 a 45
Grossa	40 a 100	9,52x50,8 9,52x63,5 12,7x38,10 12,7x50,8	45 a 60

Tabela 2: Espaçamento entre barras

Fonte: ABNT NBR 12209:2011 e Nunes (2008) – adaptado pelos autores (2023)

As especificações do gradeamento inicialmente adotadas estão dispostas na tabela 3:

TIPO DE GRADE ADOTADA NO PROJETO	ESPAÇAMENTO (mm)	SEÇÃO DA BARRA (mm)	INCLINAÇÃO (º)
Grade Fina	20	6,35x38,10	45

Tabela 3: Especificações da grade adotada

Fonte: ABNT NBR 12209:2011 e Nunes (2008) – adaptado pelos autores (2023)

A partir dessas especificações foi possível observar o seguinte dimensionamento disposto na tabela 4.

PARÂMETRO	VALOR
Eficiência de remoção	75 %
Área útil da grade	0,07 m <sup>2</sup>
Área total da grade	0,1 m <sup>2</sup>
Largura do canal	317,4 mm
Velocidade máxima	0,6 m/s
Velocidade de escoamento entre barras	1,2 m/s
Velocidade de escoamento do efluente a montante da grade	0,4 m/s
Perda de carga	0,09 m
Comprimento da grade	1,081 m ou 1081 mm
Quantidade de barras	12
Espaçamento entre barras e a lateral do canal do projeto	20 mm

Tabela 4: Dimensionamento da grade

Abaixo mostra o projeto da grade a ser adotada neste tratamento (figura 1).

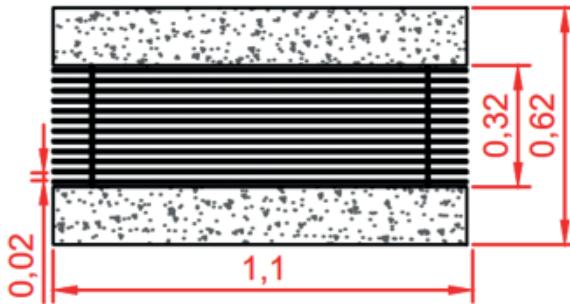


Figura 1: Gradeamento vista superior

## 4.2 DESARENADOR AERADO

As velocidades mínimas e máximas das caixas de areia são determinadas pela ABNT NBR 12209:2011 e Metcalf e Eddy (2016). Esses valores são essenciais para garantir o funcionamento adequado e eficiente desse estágio do tratamento de efluentes.

Seu dimensionamento apresentou os resultados que estão dispostos na tabela 5.

PARÂMETRO	VALOR
Vazão de pico	0,1289 m <sup>3</sup> /s
Volume de cada caixa de areia	11,6 m <sup>3</sup>
Comprimento da caixa de areia	2,9 m
Profundidade da caixa de areia	2 m
Tempo de retenção em cada caixa de areia	8,2 min
Ar requerido para a caixa de areia	0,9 m <sup>3</sup> /min
Quantidade de areia depositada no dia	0,2 m <sup>3</sup> /dia

Tabela 5: Dimensionamento do desarenador aerado

Abaixo mostra o projeto do desarenador aerado deste tratamento (figura 2).

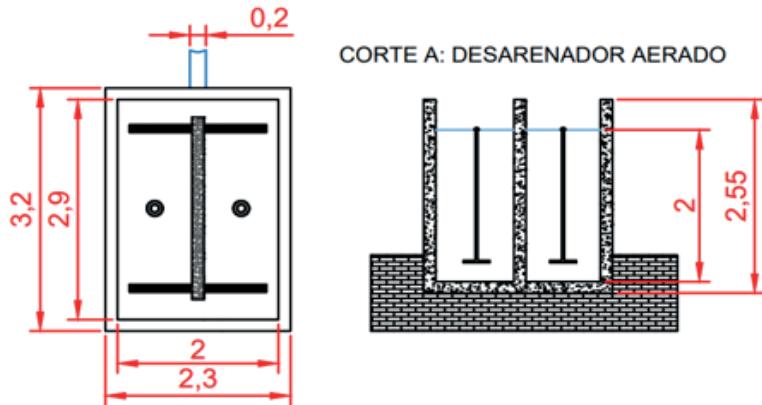


Figura 2: Desarenador aerado

Esse processo unitário é projetado de forma horizontal, seguindo um grau específico, e desempenham um papel fundamental na estação de tratamento, prevenindo a adesão de partículas grosseiras e matérias orgânicas nas canalizações, evitando obstruções indesejadas (CAVALCANTI, 2005; NUNES, 2008).

#### 4.3 MEDIDOR DE VAZÃO – CALHA PARSHAL

A partir da definição das vazões mínima (15,625 L/s), média (31,25 L/s) e máxima (46,875 L/s), o MVCP 3, com capacidade de vazão de 0,55 L/s a 55,5 L/s da empresa Águas Claras, foi escolhido.

Mesmo sendo produzido por uma empresa, seu dimensionamento necessita estar incluso no projeto (tabela 6).

PARÂMETRO	VALOR
Altura mínima de lâmina de água	0,2 m
Altura média de lâmina de água	0,3 m
Altura máxima de lâmina de água	0,4 m
Rebaixo	0,1 m
Altura mínima da lâmina de água que antecede o rebaixo	0,1 m
Altura média da lâmina de água que antecede o rebaixo	0,2 m
Altura máxima da lâmina de água que antecede o rebaixo	0,3 m

Tabela 6: Dimensionamento do MVCP

Abaixo, é apresentado uma representação esquemática deste MVCP (figura 3).

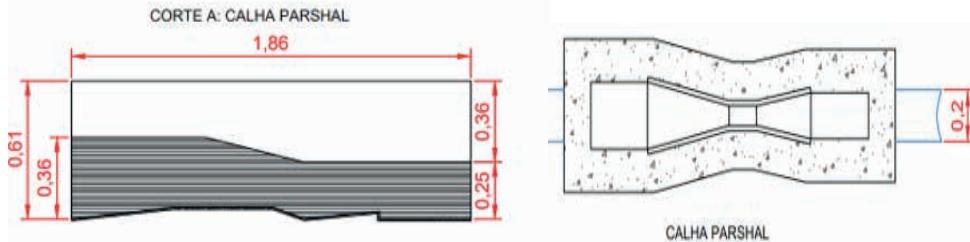


Figura 3: MVCP – Medidor de Vazão Calha Parshall

O Medidor de Vazão – Calha Parshall é uma estrutura de medição que possui uma forma específica, compreendendo uma seção convergente, uma garganta e uma seção divergente. Essa configuração geométrica especial permite controlar o fluxo e medir a altura da água no canal (ASSIS; ARMELIN, 2021). Sendo assim de extrema importância a realização de seu dimensionamento na etapa preliminar do projeto.

#### 4.4 TANQUE DE EQUALIZAÇÃO

A equalização desempenha um papel crucial com duas funções essenciais: uniformizar as cargas e estabilizar as vazões dentro da estação, visando mitigar esses impactos (Nunes, 2008). Seu dimensionamento está disposto na tabela 7 a seguir.

PARÂMETRO	VALOR
Vazão de saída	28,1 m <sup>3</sup> /s
Volume do tanque de equalização	562,5 m <sup>3</sup>
Tempo de retenção hidráulica	3,3 h
Largura do tanque	16,77 m ou 1677 mm
Volume total do tanque de equalização	843,7 m <sup>3</sup>
Potência do agitador mecânico	21,2 HP

Tabela 7: Dimensionamento do tanque de equalização

O projeto do tanque de equalização é representado por meio da figura 4.

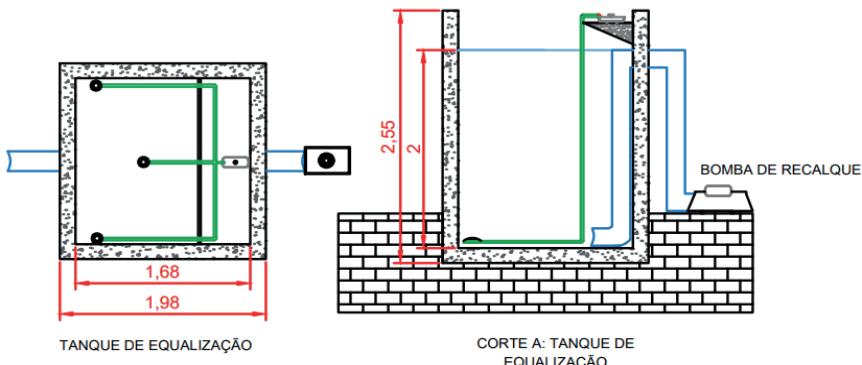


Figura 4: Tanque de Equalização

#### 4.5 REATOR UASB

O reator UASB foi o método de tratamento escolhido para se recuperar e converter o carbono orgânico – CO em Metano –  $\text{CH}_4$ , a fim de se produzir o biogás. O biogás é composto principalmente por metano e dióxido de carbono e pode ser utilizado como fonte de energia renovável para a própria agroindústria ou até mesmo vendido à rede elétrica. Além disso, a produção de biogás reduz as emissões de gases de efeito estufa, promove uma gestão sustentável de resíduos. Esse processo unitário é caracterizado por ter um fluxo ascendente do efluente, permitindo a formação de um “manto de lodo” onde os microrganismos se acumulam e degradam a matéria orgânica (KUNN, STEINMETZ, DO AMARAL, 2019), vide Tabela 8.

PARÂMETRO	VALOR
Volume do reator a partir da COV e altura de líquido adotado (HL)	3240 m <sup>3</sup>
Volume total do reator a partir da HL e altura do coletor de gás (HG)	4055 m <sup>3</sup>
Tempo de retenção hidráulica	5 dias ou 120 horas
Área do reator	540 m <sup>2</sup>
Largura do reator UASB	16,43 m
Altura do reator UASB adotado (HL)	6
Altura total do reator UASB (HL+HG)	7,5 m
Eficiência e estimativa de DQO final	61,28 % - 4646,4 mg/L
Eficiência e estimativa de DBO final	68,69 % - 1252,4 mg/L
Produção volumétrica de biogás	3240 m <sup>3</sup> /dia
Produção volumétrica de $\text{CH}_4$	2106 m <sup>3</sup> /dia
Produção de sólidos no sistema	1.215 KgSST/dia
Volume de lodo produzido diariamente no reator UASB	2,5 m <sup>3</sup> /dia
Volume de lodo retirado do reator UASB	62,5 m <sup>3</sup>

Massa de lodo retirada do reator UASB	24.300 KgSST
Taxa de aplicação de sólidos	15 KgSST
Área necessária para os leitos de secagem	1.620 m <sup>2</sup>
Altura da lámina de lodo	4 cm

Tabela 8: Dimensionamento do reator UASB

Pela figura 5 é possível verificar projeto do reator UASB junto aos leitos de secagem.

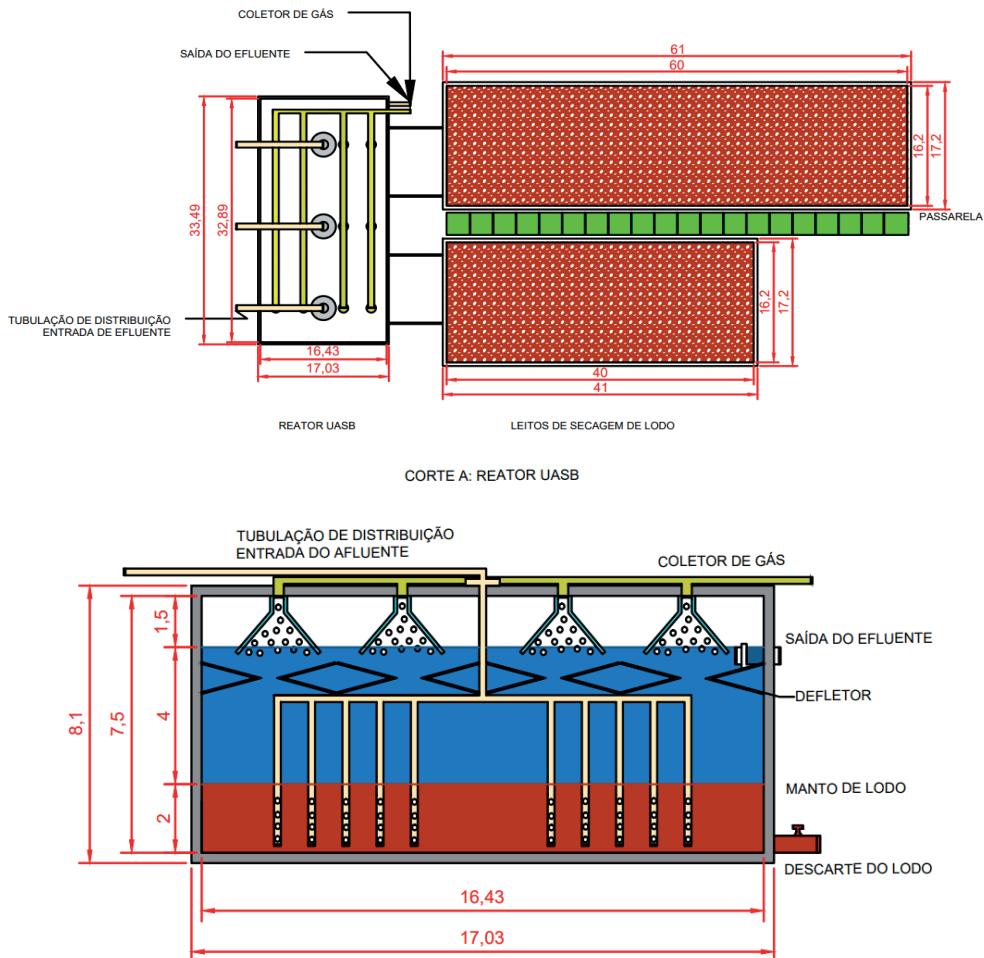


Figura 5: Reator UASB e Leitos de Secagem

De acordo com o apresentado nos resultados, a eficiência de remoção de DQO e DBO foram de 61,28 % e 68,69 %. A eficiência na DQO aponta que embora o sistema tenha reduzido grande parte de sua concentração, ainda apresenta uma elevada quantidade de poluentes neste efluente. Contudo, as resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 não

apresentam um limite específico para este parâmetro, no qual compete aos órgãos locais essa verificação. Já no que diz respeito a carga de DBO final, de acordo com a resolução do CONAMA 430/2011 o efluente apresenta padrões para lançamento, uma vez que ela permite a disposição de carga de DBO maior que 120 mg/L caso o sistema de tratamento apresente uma eficiência de remoção superior a 60 % (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

## 4.6 NITRIFICAÇÃO DE DESNITRIFICAÇÃO

Nesta etapa da nitrificação/desnitrificação o principal objetivo é a remoção de nitrogênio. Entretanto de acordo com Kunn, Steinmetz, Amaral (2019) nesse sistema de nitrificação/desnitrificação pode remover cerca de 75% do fósforo presente.

O dimensionamento deste processo unitário está especificado na tabela 9.

PARÂMETRO	VALOR
Volume do reator de nitrificação	3278,6 m <sup>3</sup>
Volume do reator de desnitrificação	2322,9 m <sup>3</sup>
Área superficial do decantador	168,8 m <sup>2</sup>
Volume do decantador considerando 5% do volume do tanque de nitrificação	84,375 m <sup>3</sup>
Altura do decantador	1 m
Diâmetro do decantador	14,7 m
Estimativa de Nt final	120 mg/L
Eficiência e estimativa de Pt final	37,5 mg/L

Tabela 9: Dimensionamento das lagoas de nitrificação/desnitrificação

Abaixo na figura 6 a representação esquemática do sistema de lagoas de nitrificação e desnitrificação.

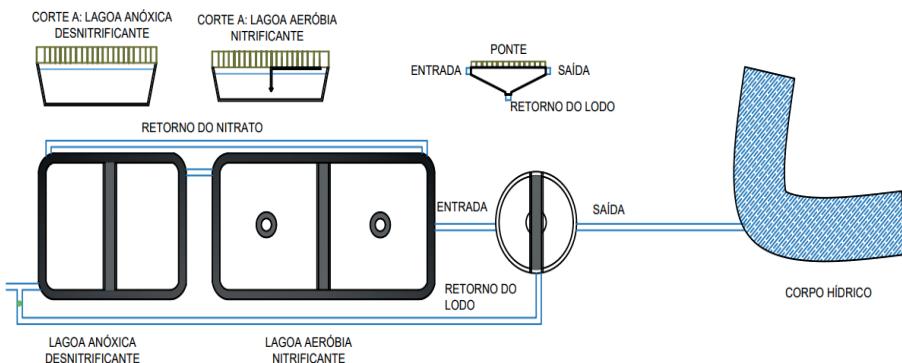


Figura 6: lagoas de nitrificação e desnitrificação

De acordo com o sistema global de tratamento as saídas de Nt e Pt foram de 120 mg/L

e 37,5 mg/L, apresentando uma redução de 90 % e 75 %. A legislação CONAMA 430/2011 não especifica limites para estes nutrientes, contudo verifica-se uma alta eficiência deste modelo de tratamento proposto.

## 4.7 PRODUÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO METANO

A energia gerada a partir da utilização do metano disponível no biogás reduz a libertação de gases com efeito de estufa na atmosfera, contribuindo para a redução do impacto ambiental e para a transição para fontes de energia mais limpas e sustentáveis. A partir dos cálculos, foi possível verificar que é possível gerar a partir do metano presente no biogás 2106,43 KWh/dia de energia.

## 5 | CONCLUSÃO

O sistema de tratamento apresentado neste projeto mostrou-se eficiente na remoção dos principais nutrientes estudados: DBO, DQO, Nt, Pt. As concentrações finais destes nutrientes apontam a um efluente com características para uso em práticas de fertirrigação. As legislações CONAMA 357/2005 e 430/2010 vigentes não definem limites a maioria destes parâmetros, mas ao se verificar a DBO, ela apresentou resultados de eficiência acima do mínimo exigido pela CONAMA 430/2011. Em relação ao uso energético, a associação do reator UASB com a produção de metano ofereceu uma abordagem sustentável para o tratamento de águas residuais da suinocultura, aproveitando os resíduos orgânicos para gerar energia limpa. Este sistema eficiente não só reduz a carga de poluentes, mas também promove a valorização de resíduos, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e oferecendo uma fonte alternativa de energia.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, p. 6, 2005.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 430/2011, de 13 de maio de 2011. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, p. 8, 2011.

CASTRO, A. A. et al. **Cultivo de microalgas para tratamento de águas residuais: revisão de literatura**. Geama, v. 6, n. 2, p. 60–71, 2020.

D'AQUINO, C. A.; DE MELLO, T. C.; JÚNIOR, L. C. The effect of organic loading rate's natural variation on the biogas yields from swine manure digestion at different hydraulic retention time. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 613–617, 2019.

DENG, L. et al. Treatment and utilization of swine wastewater – A review on technologies in full-scale application. **Science of the Total Environment**, v. 880, n. December 2022, p. 163223, 2023.

FERRAZ, J. M. G.; EVÓDIO, I. M. **Biogás: Fonte Alternativa de Energia**. Brasil: EMBRAPA, 1980.

JOÃO, J. J. et al. Electrocoagulation-flotation process: Investigation of operational parameters for wastewater treatment from fishery industry. **Química Nova**, v. 41, n. 2, p. 163–168, 2018.

KUMAR, P. K. et al. **Phycoremediation of sewage wastewater and industrial flue gases for biomass generation from microalgae**. South African Journal of Chemical Engineering, v. 25, p. 133–146, 2018.

KUNZ, A.; HIGARASHI, M. M.; OLIVEIRA, P. A. V. DE. Tecnologias para o tratamento de resíduos animais. Gestão Ambiental na Agropecuária, 2014.

KUNZ, Airton; STEINMETZ, Ricardo Luís Radis; DO AMARAL, André Cestonaro. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. 2019.

METCALF, Leonard; EDDY, Harrison P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. McGraw Hill Brasil, 2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. BiogásFert - **Suinocultura de baixa emissão de carbono**. v. 1, p. 1–96, 2016.

NATIVIDAD PÉREZ-CAMACHO, M.; CURRY, R.; CROMIE, T. Life cycle environmental impacts of biogas production and utilisation substituting for grid electricity, natural gas grid and transport fuels. **Waste Management**, v. 95, p. 90–101, 2019.

NETO, P. Effect of Organic Loading Rate on the Biogas Yield Swine Manure in Uasb Reactor. n. 2014, p. 443–446, 2015.

NUNES; José Alves. **Tratamento biológico de águas residuárias**. Editora J. Andrade, 2010.

NUNES; José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. Editora J. Andrade, 2008.

VIGARANI DE ASSIS, G.; FROSINI ARMELIN, L. Avaliação da vazão escoada por meio da calha Parshall (modelo Armfield). **Revista DAE**, v. 69, n. 230, p. 183–194, 2021.

WU, W.; CHENG, L. C.; CHANG, J. S. Environmental life cycle comparisons of pig farming integrated with anaerobic digestion and algae-based wastewater treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 264, n. April, p. 110512, 2020.

# AVALIAÇÃO DO POTENCIAL BACTERICIDA DA ARARUTA E SUA VIABILIDADE COMO ALTERNATIVA PARA A DESINFECÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO

*Data de submissão: 22/01/2024*

*Data de aceite: 26/01/2024*

### **Leonardo Machado**

Instituto de Ciências Tecnológicas  
e Exatas / Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro  
Uberaba – MG Link do Lattes:

### **Ana Paula Milla dos Santos Senhuk**

Instituto de Ciências Tecnológicas  
e Exatas / Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro  
Uberaba – MG

<http://lattes.cnpq.br/4997358755484817>

### **Ana Carolina Borella Marfil Anhê**

Instituto de Ciências Tecnológicas  
e Exatas / Universidade Federal do  
Triângulo Mineiro  
Uberaba – MG

<http://lattes.cnpq.br/9779446949225399>

**RESUMO:** O acesso ao saneamento básico é um direito garantido pela constituição nacional. Entretanto, grande parte da população não tem acesso a esse recurso. Dessa forma, tornam-se necessárias alternativas para desinfecção da água. A planta *Maranta arundinacea*, popularmente conhecida como Araruta, possui diversas aplicações conhecidas socialmente, podendo ser utilizada desde a

culinária em variadas receitas, até mesmo em medicamentos, prevenindo infecções e inflamações. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial microbicida de diferentes concentrações do extrato da folha e do rizoma da planta *M. arundinacea* em bactérias heterotróficas de água para abastecimento. Após preparo dos extratos de folhas e rizoma, foram testadas as concentrações 1:1, 1:2 e 2:1, além dos controles negativos (apenas água) e positivo (apenas extratos). Foi utilizada a técnica de *Pour Plate* em meio de cultura NA. As placas de Petri permaneceram em BOD a 28°C por 48h. Na sequência, as UFC's foram contadas e as análises realizadas. Observou-se redução na contagem das UFC/mL em todas as diluições testadas, quando comparadas ao controle negativo (apenas água). A diluição de maior redução, para ambos, folha e rizoma, foi de 1:1, com valor aproximado de 90%. Quando os extratos são comparados, observou-se maior eficiência de redução do rizoma. Destaca-se, ainda, a preservação do poder microbicida no extrato aquoso, facilitando o preparo e se tornando uma possível alternativa para a desinfecção da água para abastecimento humano.

**PALAVRAS-CHAVE:** Chá, *Maranta*

*arundinacea*, saneamento básico, planta medicinal, bactérias heterotróficas.

## EVALUATION OF THE BACTERICIDAL POTENTIAL OF ARRUCT AND ITS VIABILITY AS AN ALTERNATIVE FOR DISINFECTING WATER SUPPLY

**ABSTRACT:** The access to sanitation is a right guaranteed by the national constitution. However, a large part of population still doesn't have access to this resource. In this regard, became necessary alternatives to water disinfection. The plant *Maranta arundinacea*, popularly known as Araruta, has several socially known applications, can be used since cooking, in many recipes, until even in medicines, preventing infections and inflammations. Therefore, the objective of this work is to evaluate the potential microbicide of many different concentrations of leaf and rhizome extract of the plant *M. arundinacea* against heterotrophic bacteria in water for supply. After prepared, the extract from the leaf and the rhizome, had been tested the concentrations 1:1, 1:2 and 2:1, in addition the negative (just water) and positive (just extract) controls. The technic used was *Pour Plate* in medium of culture NA. The Petri plats has remained in BOD at 28°C for 48h. In sequence, the UFC's had been counted and the analyses carried out. Had been watched the reduction in the counted of the UFC/mL in every dilution tested, when compare to the negative control (just water). The dilution with biggest reduction, for both, leaf and rhizome, was the 1:1, with approximate valor of 90%. When compered the extracts, watched biggest efficiency of reduction in rhizome extract. Stands out, yet, the preservation of the microbicide power of the extract aqueous, facilitating prepare and becoming a possible alternative for disinfection of water for human supply.

**KEYWORDS:** Tea, *Maranta arundinacea*, Basic Sanitation, Medicinal Plant, Heterotrophic Bacterial.

## 1 | INTRODUÇÃO

A água própria para o consumo humano é denominada de água potável. Para ser chamada assim, ela deve atender aos padrões de potabilidade definidos pelos órgãos responsáveis. Se a água contém substâncias que desrespeitam ou não atendam às exigências destes padrões, ela é considerada imprópria para o consumo humano (RIBEIRO; ROOKE, 2010).

A maioria dos problemas sanitários que afeta a população mundial está diretamente relacionada com o meio ambiental e socioeconômico. A diarreia é uma das principais doenças que se manifesta pela ingestão de água contaminada. Ela alcança mais de quatro bilhões de casos por ano, pode levar a casos clínicos graves, além de causar 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Diferentes grupos de patógenos são causadores de diarreias, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos (BRUM et al, 2016).

A avaliação da presença de organismos patogênicos na água leva em consideração a presença de organismos indicadores de poluição ou de contaminação. A metodologia de identificação desses organismos é diferente para cada tipo. A presença ou ausência de um patógeno não exclui a presença de outros (BETTEGA et al, 2006). Segundo a legislação

brasileira, a Portaria que estabelece os parâmetros para consideração da água como potável, após o seu tratamento, para consumo humano, é o número 888 do Ministério da Saúde do ano de 2021 (BRASIL, 2021).

Porém, a universalidade dos serviços de saneamento básico ainda está longe de ser alcançada, pois, no mundo, uma a cada três pessoas não tem acesso a água potável (UNICEF, 2019). Garantir a universalização do acesso eficiente a água é uma das prioridades fundamentais para a qualidade de vida da população, além do fato desse setor ter impacto direto sobre a saúde pública. Ainda, as cidades que crescem sem planejamento e com precária distribuição de água fazem com que os habitantes busquem alternativas ao abastecimento (DI BERNARDO; DANTAS, 2005).

A planta popularmente conhecida como Araruta, cujo nome científico é *Maranta arundinacea*, possui grande potencial bactericida devido a sua abundante quantidade de moléculas antioxidantes polifenólicas. Em algumas culturas, a Araruta é usada na culinária por ser nutritiva e de fácil digestão, utilizando-se algumas vezes o seu rizoma, para a produção de farinhas, e em outras as suas folhas, utilizadas para o preparo de chás (KIM; FUNG, 2004). O chá produzido a partir das folhas da Araruta, consumido pela culinária oriental, foi testado contra bactérias patogênicas, entre elas a *Escherichia coli* (KIM; FUNG, 2004). O chá apresentou propriedades bactericida, modificando a morfologia das membranas celulares das bactérias.

O potencial bactericida da araruta foi pouco explorado até o momento, e não há, na literatura, trabalhos que avaliem o seu uso para desinfecção em águas de abastecimento. Assim, esse trabalho avaliou o poder microbicida de extratos de folhas e rizoma da araruta contra bactérias heterotróficas em água de nascente.

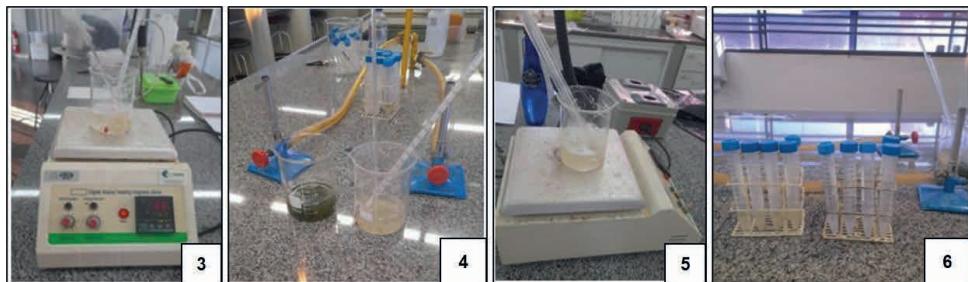
## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Espécies da planta *M. arundinacea* foram cultivados em recipientes plásticos. Para o experimento, foram colhidos folhas e rizomas sem injúrias (Figuras 1 e 2).



Figuras 1 e 2 – Araruta: folha e rizomas.

Para o preparo do extrato, 10g de folhas e rizomas foram, separadamente, lavados, fragmentados e imersos em bêquer com 100mL de água destilada. Seguiu-se o aquecimento a 95°C por 5 minutos em placa aquecedora (KIM et al., 1997). As Figuras 3 a 6 apresentam as etapas do preparo do extrato.



Figuras 3 a 6 – preparo do extrato da planta

A amostra de água foi coletada, em frasco de vidro âmbar estéril, de uma nascente, imediatamente antes do experimento e transportada em caixa térmica.

Foram testadas as seguintes amostras, em duplicatas:

- **Controle negativo:** apenas a água da nascente;
- **Concentrações 1:2, 1:1 e 2:1 do extrato do rizoma** em água destilada;
- **Concentrações 1:2, 1:1 e 2:1 do extrato da folha** em água destilada;
- **Controle positivo do rizoma:** apenas o extrato do rizoma;
- **Controle positivo da folha:** apenas o extrato da folha.

Foi utilizado a método *Pour Plate* em meio de cultura ágar-nutriente (NA). As placas foram incubadas na BOD a 28°C por 48 horas. Após esse período, as UFC's foram contadas

e a análise dos dados realizada.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as médias da UFC's com os desvios-padrão, além das porcentagens de redução (quando comparadas ao controle negativo).

Relação extrato/Água	C(-)	Extrato da folha				Extrato do rizoma			
		1:2	1:1	2:1	C(+)	1:2	1:1	2:1	C(+)
UFC/mL	5550 ± 31	1222 ± 95	510 ± 14	1395 ± 318	0	615 ± 106	520 ± 56	705 ± 190	0
Redução (%)	0	77,97	90,81	74,86	-	88,92	90,63	87,30	-

Tabela 1 – Média da UFC/mL e porcentagem de redução das bactérias heterotróficas

Observa-se redução na contagem das UFC/mL em todas as diluições testadas, quando comparadas ao controle negativo (apenas água). A diluição de maior redução, para ambos, folha e rizoma, foi de 1:1, com valor aproximado de 90%. Quando comparadas todas as diluições, pode-se observar maior eficiência de redução do rizoma. O potencial microbicida da araruta é decorrente, entre outros, das altas concentrações de flavonoides no rizoma e folha, que inibem o crescimento bacteriano, prejudicando a membrana plasmática desses microrganismos (SYAHPUTRA et al., 2020).

A crença popular é de que o extrato da Araruta possa ser usado para combater infecções por picadas de insetos e mordidas de cobras. Rahman et al. (2015) demonstraram o poder da Araruta em conter diarreia. SAMAL et al. (2018) testaram com sucesso a eficiência do extrato da Araruta contra o vibrião da cólera. Também já foi apresentado seu poder de estimulação imunológica (KUMALASARI et al., 2012). Apesar da literatura apresentar vários trabalhos do uso medicinal de extratos de araruta, este estudo é inovador em mostrar seu poder microbicida com bactérias heterotróficas e o potencial uso em água de abastecimento.

Visto que grande parte da população mundial não tem acesso, é primordial o estudo de novas técnicas de tratamento da água acessíveis para abastecimento humano (MEDINA, 1999). Além das propriedades apresentadas, a araruta, nativa da América do Sul e Ásia, é de fácil acesso em diversos locais, não necessita de tecnologias para seu cultivo, podendo ser plantada dentro de vasos em residências ou em pequenas hortas comunitárias (SILVA et al., 2018). Além disso, sua farinha é utilizada como matéria prima para produção de polvilho substituindo muitas vezes a farinha de mandioca, o que facilita o acesso (BRASIL, 2013). Assim, mais uma vez, mostra-se como uma alternativa para a desinfecção de água facilmente acessível à população mais periférica, que muitas vezes não tem acesso a saneamento básico ou a água tratada para abastecimento (RIBEIRO;

ROOKE, 2010).

Destaca-se, ainda, que, o extrato aquoso preservou o potencial microbicida da Araruta visto que, na literatura, predominam os extratos feitos à base álcoois, principalmente o metanol (JAYAKUMAR; SUGANTHI, 2017; WU; LIAO, 2017; SAMAL et al., 2018; SYAHPUTRA et al., 2020). Entretanto, o uso do extrato a base de metanol, além de tornar a água desinfetada imprópria para o consumo humano, é de difícil acesso, preparo e manuseio pela população geral quando comparada com um extrato a base de água, facilmente preparado.

## 4 | CONCLUSÃO

O potencial bactericida do extrato da folha e do rizoma da Araruta foi testado. Observou-se redução na contagem das UFC/mL em todas as diluições testadas, quando comparadas ao controle negativo (apenas água). A diluição de maior redução, para ambos, folha e rizoma, foi de 1:1, com valor aproximado de 90%. Quando os extratos são comparados, observou-se maior eficiência de redução do rizoma. Destaca-se, ainda, a preservação do poder microbicida no extrato aquoso, facilitando o preparo e se tornando uma possível alternativa para a desinfecção da água para abastecimento humano.

Este estudo, pioneiro na área, apresentou que o extrato da Araruta como alternativa para o tratamento de água se mostrou promissor. Novos estudos deverão ser realizados para avaliar outras concentrações e outros microrganismos encontrados na água de abastecimento.

## REFERÊNCIAS

- BETTEGA, J.M.P.R.; MACHADO, M.R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.;
- BARBOSA, C.A. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. *Ciencia e Agrotecnologia*, v.30, n.5, p. 950-954, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de hortaliças não-convencionais** (99p). Brasília: Mapa/ACS, 2013.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **PORTARIA GM/MS Nº 888, DE 4 DE MAIO DE 2021**. Diário Oficial da União, Brasília-DF, 21 de maio de 2021.
- BRUM, B. R. et al. Qualidade das águas de poços rasos em área com déficit de saneamento básico em Cuiabá, MT: Avaliação microbiológica, físico-química e fatores de risco à saúde. **HOLOS – Revista Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte**. v. 2, n. 32, p. 179- 188, 2016.
- DI BERNARDO, L; DANTAS, A.B. **Métodos e Técnicas de tratamento de água**. v. 1 e 2, ed. 5. Carlos: Rima, 2005.

JAYAKUMAR, A.; SUGANTHI, A. Biochemical and phytochemical analysis of *Maranta arundinacea* (L.) rhizome. **International Journal of Pharmacy and Pharmacology Science**, v. 2, n. 3, p. 26-30, 2017.

KIM, M.J.; CHO, J.K.; LEE, C.H. Antioxidant effects of crude catechin extracted from *Puerariae radix* roots. **Korean Journal of Food Science Animal Resource**, 1997.

KIM, S.; FUNG, D.Y.C. "Antibacterial effect of crude water-soluble arrowroot (*Puerariae radix*) tea extracts on food-borne pathogens in liquid medium. **Letters in Applied Microbiology**. v. 39, n. 4, p. 319–325, 2004.

KUMALASARI, I.D. et al. Evaluation of immunostimulatory effect of the arrowroot (*Maranta arundinacea*) in vitro and in vivo. **Cytotechnology**, v. 64, p. 131–137, 2012.

MEDINA, N.M. Formação de Multiplicadores para Educação Sanitária e Ambiental. **Revista Eletrônica de Mestrado em Educação Sanitária e Ambiental** – FURG. Rio Grande do Sul. v.1, p 16, 1999.

RAHMAN, M.K. et al. Evaluation of antidiarrheal activity of methanolic extract of *Maranta arundinacea* Linn. Leaves. **Advances in Pharmacological Sciences**, Article ID 257057, 2015.

RIBEIRO, J.W.; ROOKE, J.M.S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Juiz de Fora, 2010.

SAMAL, P. et al. Screening and evaluation of phytochemicals from *Maranta arundinacea* L. **International Journal of Biology and Medicine Research**, v. 9, n. 1, p. 6212-6217, 2018.

SILVA, L.F.L. et al. Nutritional Evaluation of Non-Conventional Vegetables in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 90, n. 2, p. 1775-1787, 2018.

SYAHPUTRA, M.G.; ANTARI, A.L.; WINARTO, W. LESTARI, E.S. Antimicrobial effect of arrowroot (*Maranta arundinacea*) methanolic extract against *Staphylococcus aureus* bacterial growth. **Diponegoro Medical Journal**, v. 9, n. 3, 2020.

UNICEF. Fundo das Nações Unidas para a Infância. Comunicado de Imprensa, 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1- em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicel- oms#:~:text=Estima%2Dse%20que%201%20em,que%20bebem%20%C3%A1 gua%20n%C3%A3o%20tratada.&text=Investir%20em%20%C3%A1gua%2C%20saneamento%20e,essencial%20para%20a%20boa%20sa%C3%BAde%22..> Acesso em 13 de fevereiro de 2021.

WU, C.S.; LIAO, H.T. Interface design and reinforced features of arrowroot (*Maranta arundinacea*) starch/polyester-based membranes: preparation, antioxidant activity, and cytocompatibility. **Materials Science and Engineering**, v. 70, p. 54-56, 2017.

**DENIS MEDINA GUEDES** - Engenheiro Agrícola e Ambiental formado pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), com mestrado em Engenharia Agrícola na área de mecanização agrícola pela mesma instituição. Possui experiência no desenvolvimento de equipamentos agrícolas, como secadores, fornalhas e transportadores, tendo atuado no mercado de trabalho como supervisor de projetos em uma indústria de Máquinas e equipamentos agrícolas. Também atuou como professor substituto na UFV Campus de Florestal e como professor efetivo e coordenador do curso de Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Mato Grosso campus Sorriso. Atualmente é professor efetivo na UFV campus Florestal, onde já coordenou os cursos de Agronomia e Técnico em Agropecuária. Atua principalmente nas áreas de topografia e geoprocessamento, agricultura de precisão e secagem e armazenagem de produtos agrícolas.

**LEONARDO FRANÇA DA SILVA** - Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal De Minas. Mestre em Agronomia pela Mestre em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista -UNESP. Atualmente, é pesquisador de Doutorado 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 aluno de pós graduação lato sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, 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.

**VICTOR CRESPO DE OLIVEIRA** - Engenheiro Agrícola pela Universidade Federal de Lavras, especialista em Análise de Dados, 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. 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**

Agricultural machinery 63

Agricultura urbana 2

Aquaponia 2

**B**

Biogas 119, 138, 139

Bovinocultura de leite 53, 55, 58, 59

**C**

CONAMA 59, 60, 85, 118, 119, 120, 136, 137, 138

Correlação ODS 79

Cultura 26, 28, 29, 33, 66, 71, 79, 80, 140, 143

Currículo 23, 27, 29, 32

**D**

Depredación 12, 20, 46

Desejos bovinos 53

Distrito Federal 103, 104, 106, 108, 110, 115, 116

Docentes 23, 27, 30, 33

**E**

Eficiência 59, 63, 64, 65, 66, 84, 89, 90, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 118, 120, 122, 127, 131, 135, 136, 137, 138, 140, 144, 145

Energy 1, 119

Erosão 2, 103, 104, 105, 109, 115, 116

Extrativismo na Amazônia 73, 74, 76

**F**

Formación integral 23, 28, 29, 32, 33

**G**

Gestão de recursos hídricos 74, 76, 78

**I**

Impacto ambiental 61, 104, 119, 138

Indicadores 14, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 141

## M

- Manejo 53, 55, 56, 57, 59, 60  
México 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 29, 34  
Minería 12, 13, 17, 19

## N

- Natureza 2, 68, 71, 73, 75, 79, 80, 83  
Nutrientes 54, 56, 57, 84, 85, 118, 119, 120, 138

## P

- Pollutants 119  
PPE 63  
Praxis 23, 24, 25, 32  
Produção de alimentos 2, 63

## R

- Remoção de matéria orgânica 84  
Rodovia 103, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 115, 116

## S

- Segurança alimentar 2, 81, 85  
Sociedade 79, 80, 83  
Sustentabilidade 2, 64, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 101, 147

## T

- Transversalización 23, 33  
Tratamento de resíduos 52, 53, 60, 61, 118, 139

## U

- UASB reactor 119

## V

- Voçoroca 103, 104, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116

## W

- Work safety 63

## Z

- Zacatecas 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20

# O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

## DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 📷 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- FACEBOOK [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

# O MEIO AMBIENTE EM FOCO:

## DESAFIOS E SOLUÇÕES PARA A SUSTENTABILIDADE

- 🌐 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
- ✉️ [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
- 👤 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
- 👤 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)