

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

# MEIO AMBIENTE:

---

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA  
(ORGANIZADOR)

# MEIO AMBIENTE:

---

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

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

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade do Estado de Mato Grosso

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

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

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



Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>o</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. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>o</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>o</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



## Meio ambiente: avaliação dos impactos ambientais e planejamento ambiental

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M514 Meio ambiente: avaliação dos impactos ambientais e planejamento ambiental / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0555-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.559222608>

1. Meio ambiente. 2. Conservação. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 577

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editores  
Ano 2022

## 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.



## APRESENTAÇÃO

O e-book intitulado: “Meio ambiente: Avaliação dos impactos ambientais e planejamento ambiental” é constituído por cinco capítulos de livros que foram divididos em dois eixos-temáticos: *i)* aspectos sociais e educacionais no desenvolvimento de uma consciência ambiental; *ii)* contaminação e impactos ambientais gerados por atividades antrópicas.

O primeiro capítulo procurou investigar a importância dos serviços de saneamento básico e a sua relação direta com a saúde da população e a incidência de epidemia de dengue no município de Ananindeua, estado do Pará. O capítulo dois avaliou o uso de geotecnologias na determinação de áreas com vulnerabilidade ambiental e a ocupação do solo por meio do cultivo de árvores lenhosas e a cana-de-açúcar. O terceiro capítulo apresenta um estudo que correlacionou à educação ambiental por intermédio da educação popular utilizando a metodologia de ensino desenvolvida por Paulo Freire e aplicada a alunos da Universidade de Tolima, na Colômbia.

O quarto capítulo apresenta um estudo que trata da importância do desenvolvimento de equipamentos analíticos portáteis para uso *in-situ*, bem como a possibilidade de tomada de decisão em tempo real no local de coleta de amostras. Por fim, o último capítulo apresenta um estudo que correlacionou o declínio de inúmeras populações de abelhas em função de resíduos xenobióticos provenientes de diversas classes de pesticidas empregado nas mais diversas espécies de cultivos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ANÁLISE ECONOMÉTRICA ENVOLVENDO OS FATORES SÓCIOS-AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS EM ANANINDEUA/PA, NO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 2001 À 2017

Educélio Gaspar Lisboa  
Cinthia de Oliveira Rodrigues  
Érico Gaspar Lisboa  
Heriberto Wagner Amanajás Pena

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5592226081>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

VARIAÇÕES DE ELEMENTOS DA PAISAGEM AO LONGO DO TEMPO EM ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (TAQUARITINGA -SP- BRASIL)

Gilberto Aparecido Rodrigues  
Denise Aparecida Chiconatto  
Maria Aparecida Bovério  
Diego Renan Bruno  
Jaqueline Amorim Campos  
Luciana Aparecida Ferrarezi  
Teresa Cristina Tarlé Pissarra

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5592226082>

### **CAPÍTULO 3..... 24**

LA EDUCACIÓN POPULAR AMBIENTAL Y SU APORTE A LA PEDAGOGÍA CRÍTICA

Jaime Andrés Valencia Betancourt

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5592226083>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

LA UTILIZACIÓN DE LA PROSPECCIÓN INDIRECTA DURANTE LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE SUELO CONTAMINADO A REMEDIAR

José Luis Hernández Michaca  
Víctor Manuel Sánchez Granados

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5592226084>

### **CAPÍTULO 5..... 40**

IMPACTOS DE XENOBIÓTICOS SOBRE AS RESPOSTAS IMUNOLÓGICAS DE ABELHAS

Fernando Henrique Boaventura de Melo  
Valéria Wanderley Teixeira  
Claudio Augusto Gomes da Camara  
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira  
Glaucilane dos Santos Cruz  
Catiane Oliveira Souza  
Vaneska Barbosa Monteiro

Marcilio Martins de Moraes  
Ismaela Maria Ferreira de Melo  
Darcllet Teresinha Malerbo-Souza  
Júlio César dos Santos Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5592226085>

<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>51</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>52</b>

# CAPÍTULO 1

## ANÁLISE ECONOMETRICA ENVOLVENDO OS FATORES SÓCIOS-AMBIENTAIS E EPIDEMIOLÓGICOS EM ANANINDEUA/PA, NO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 2001 À 2017

*Data de aceite: 01/08/2022*

### **Educélio Gaspar Lisbôa**

Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano  
Universidade da Amazônia- UNAMA

### **Cynthia de Oliveira Rodrigues**

Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano  
Universidade da Amazônia- UNAMA

### **Érico Gaspar Lisbôa**

Doutor em Engenharia Civil  
Universidade Federal do Pará- UFPA

### **Heriberto Wagner Amanajás Pena**

Doutor em Ciências Agrárias  
Universidade do Estado do Pará- UEPA

**RESUMO:** Considerando a importância dos serviços de saneamento básico como abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo, como sendo fatores de grande influência na saúde da população local, se fez um estudo no município de Ananindeua, Estado do Pará. Visou analisar a relação existente entre as condições de saneamento básico da população local e incidência epidemiológica – população, população com coleta e sem coleta de esgoto e incidência de dengue. A metodologia utilizada foi o uso de um modelo de Regressão Linear Múltipla, para se estimar as variáveis (mencionadas acima), no horizonte de tempo entre 2001 a 2017. Os dados de população, população com coleta e sem coleta de esgoto e

incidência de dengue foram obtidos através dos sítios do Trata Brasil e do Datasus no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan). A partir de análises verificou-se que os coeficientes do modelo de regressão linear influenciaram direta ou inversamente proporcional as oscilações do crescimento populacional do município de Ananindeua, ou seja, as variáveis tiveram aumento ou diminuição, durante o horizonte de tempo escolhido, com exceção para a variável casos de dengue, pois esta variável não apresentou correlação estatisticamente significativa com a população, população com coleta e sem coleta de esgoto. A hipótese que explica este resultado é devido a variabilidade dos casos de dengue no decorrer do período estudado, não apresentar um crescimento constante de casos ao longo dos anos, e sim picos oscilatórios entre altos e baixos casos de incidência. Esta atribuição pode ter também relação com várias ações de combate implementadas no decorrer do estudo, com o intuito na redução de casos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Saneamento básico, Casos de dengue, população, População com coleta de esgoto, População sem coleta de esgoto.

### **ECONOMETRIC ANALYSIS INVOLVING SOCIO-ENVIRONMENTAL AND EPIDEMIOLOGICAL FACTORS IN ANANINDEUA/PA, IN THE PERIOD FROM 2001 TO 2017**

**ABSTRACT:** Considering the importance of basic sanitation services such as water supply, sanitation and garbage collection, as being factors of great influence on the health of the local population, a study was carried out in

the municipality of Ananindeua, State of Pará. It aimed to analyze the existing relationship between the basic sanitation conditions of the local population and epidemiological incidence - population, population with collection and without sewage collection and incidence of dengue. The methodology used was the use of a Multiple Linear Regression model, to estimate the variables (mentioned above), in the time horizon between 2001 to 2017. Data of population, population with collection and without sewage collection and incidence of dengue were obtained through the Trat Brasil and Datasus sites in the Notifiable Diseases Information System (Sinan). From the analysis it was found that the coefficients of the linear regression model influenced directly or inversely proportional the oscillations of population growth in the municipality of Ananindeua, that is, the variables had increased or decreased during the chosen time horizon, except for the variable dengue cases, as this variable did not show a statistically significant correlation with the population, population with collection and without sewage collection. The hypothesis that explains this result is due to the variability of dengue cases over the period studied, not to have a constant growth of cases over the years, but rather oscillatory peaks between high and low incidence cases. This assignment may also be related to several combat actions implemented during the study, with the aim of reducing cases.

**KEYWORDS:** Basic sanitation, Dengue cases, Population, Population with sewage collection, Population without sewage collection.

## INTRODUÇÃO

Conhecer como se dá a relação do homem com o meio ambiente é fundamental para que sejam esclarecidos e entendidos diversos fenômenos que o cerca, em vista da interdependência existente entre ambos (SPAREMBERGUER e SILVA, 2018). Tal princípio se aplica aos estudos relacionados à diversas doenças que acometem o homem, à exemplo da dengue, uma das doenças mais conhecidas do mundo (VASCONCELOS et al., 2013).

A dengue é uma doença infecciosa, tipicamente urbana, que apresenta quadro febril agudo, apresentando quatro diferentes sorotipos: DENV 1, DENV 2, DENV 3 e DENV 4, é uma arbovirose transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* (SHARIF et al., 2018), sendo que seu quadro sintomático pode evoluir para a dengue clássica ou hemorrágica, sendo esta última sua forma mais severa e potencialmente letal (CARMO, 2015). O desenvolvimento do *Aedes aegypti* está relacionado, normalmente à falta de drenagem adequada, rede de esgoto e disposição inadequada de lixo (RIBEIRO e ROOKE, 2010; SILVA, 2017).

A dengue tem evoluído de forma constante de acordo com o crescimento das cidades, posto que este crescimento normalmente ocorra de forma descriteriosa, no sentido de que não há nenhum tipo de planejamento urbano que proporcione condições mínimas de saneamento e demais condições ambientais favoráveis aos indivíduos que habitam essas regiões (TAUIL, 2001). Portanto, a dengue se apresenta como um enorme desafio à sociedade, uma vez que ela reflete problemas sociais e de planejamento existentes nos grandes centros urbanos, evidenciando inclusive uma dificuldade no diálogo entre governo e sociedade civil no combate à doença (CARMO, 2015).

A permanência da dengue como problema de saúde pública no contexto mundial, emerge na necessidade de se pensarem propostas que agreguem os diversos condicionantes que compõem a difícil causalidade da dengue, destacando os aspectos socioambientais envolvidos no processo saúde-doença, como a interdisciplinaridade, a intersetorialidade e a participação social no planejamento e nas ações de prevenção e controle da dengue (SANTOS, 2011).

No mundo existem cerca de 2.5 bilhões de pessoas sem saneamento adequado, 768 milhões de pessoas no mundo continuam sem acesso a uma fonte de água potável e 3,5 milhões de pessoas morrem por problemas relacionados ao fornecimento inadequado de água por ano. (TRATA BRASIL, 2017). No Brasil essa realidade é ainda maior, pois o déficit de saneamento ambiental vem constituindo uma preocupação grave, na medida que em 2017, o Brasil tinha 100 milhões de pessoas sem coleta de esgoto em casa. O número equivale a 47,6% da população, considerando a importância de seu papel na relação que estabelece com a saúde e o ambiente.

Nesta perspectiva, saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social. Nesse sentido, pode-se dizer que saneamento é um conjunto de ações que visam controlar doenças, transmissíveis ou não, além de propiciar conforto e bem-estar. Portanto, está vinculado diretamente às condições de saúde e vida da população, caracterizando-se como um direito básico do cidadão (OMS, 2015; OLIMPIO JÚNIOR, 2004).

Para efeito da apresentação da pertinência da problemática do saneamento, pode-se verificar a carência de cobertura pelos serviços no Brasil, certamente ilustrativo da situação dos países em desenvolvimento” (HELLER, 1998).

Indicadores epidemiológicos são representativos dos efeitos das ações de saneamento na saúde humana e constituem, portanto, ferramentas fundamentais para a vigilância ambiental em saúde. A escolha de uma variável, que reflita o estado de saúde de um grupo populacional, deve efetivamente expressar a condição de saúde coletiva e, ao mesmo tempo, ser adequada à pesquisa em questão (COSTA et al., 2005).

A Organização Mundial da Saúde em 2017 definiu que: “Saúde ambiental são todos aqueles aspectos da saúde humana, incluindo a qualidade de vida, que estão determinados por fatores físicos, químicos, biológicos, sociais e psicológicos no meio ambiente. Também se refere à teoria e prática de valorar, corrigir, controlar e evitar aqueles fatores do meio ambiente que, potencialmente, possam prejudicar a saúde de gerações atuais e futuras” (WHO, 1993).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição de 1988 e definido pela Lei nº. 11.445/2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, como sendo o conjunto dos serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (BRASIL, 2007).

Como já mencionado a falta de saneamento básico é um problema que atinge todo o Brasil, porém na região Norte do país, de acordo com os dados do Ministério das Cidades e do Instituto Trata Brasil (2014, 2016), o estado do Pará detém três municípios entre as dez piores cidades acima de 100 mil habitantes com um dos piores índices em saneamento básico, e o município de Ananindeua encontra-se entre eles.

Portanto, procurou-se investigar as variáveis do estudo como população, população com coleta de esgoto e sem coleta de esgoto e casos de dengue no município de Ananindeua no período entre 2001 a 2017, no qual o principal objetivo deste artigo é analisar os fatores sócio-ambientais e epidemiológico com o auxílio de um modelo de regressão linear múltipla a fim de determinar o grau de influência entre esses fatores no município de Ananindeua.

## MODELO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Segundo Ferrão (2009, p. 56), na regressão linear múltipla assume-se que existe uma relação linear entre uma variável Y (a variável dependente) e k variáveis independentes, j x (j = 1, ..., k). As variáveis independentes são também chamadas variáveis explicatórias ou regressores, uma vez que são utilizadas para explicarem a variação de Y. Diversas vezes são também chamadas variáveis de predição, ou de variáveis independentes, em função de sua utilização para se predizer Y no modelo.

Por outro lado, Santana (2003, p. 38), afirma que as condições subjacentes à regressão linear múltipla são análogas à da regressão linear simples, resumidamente: 1. As variáveis independentes j x são não aleatórias (fixas); 2. Para cada conjunto de valores de j x há uma subpopulação de valores de Y. Para a construção dos intervalos de confiança e dos testes de hipóteses deve poder-se assumir que estas subpopulações seguem a distribuição normal; 3. As variâncias das subpopulações de Y são iguais; 4. Os valores de Y são estatisticamente independentes. Por outras palavras, quando se extrai a amostra, assume-se que os valores de Y obtidos para um determinado conjunto de valores de j x são independentes dos valores de Y obtidos para outro qualquer conjunto de valores de j x.

Muitos problemas de regressão envolvem mais de uma variável regressora. Por exemplo, a qualidade de um processo químico, pode depender da pressão, temperatura e taxa de agitação. Nesse caso há três variáveis regressoras. Desta maneira pode-se observar que um modelo de regressão linear múltipla, estima uma variável dependente em função de duas ou mais variáveis explicativas ou independentes (Santana, 2003).

Um modelo de regressão linear múltipla descreve uma relação entre as variáveis independentes ou explicativas, X, e a variável dependente, Y, seguindo da estatística de erro. No modelo de regressão linear múltipla, insere-se dois ou mais coeficientes de inclinação, acompanhado de diferentes variáveis predictoras, podendo ser expresso da seguinte maneira  $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + e_i$ , designado por modelo de regressão múltipla (convencional). De maneira metodológica o presente artigo se estruturará através da

seguinte forma:

## LOCALIZAÇÃO DO ESTUDO

Os efeitos do crescimento populacional sobre os casos de dengue, população sem coleta de esgoto e com coleta de esgoto, no período compreendido entre 2001 a 2017, dar-se-á no município de Ananindeua no Pará, Brasil, sua área urbana está localizada mais precisamente na região metropolitana de Belém, o qual faz divisa com Belém e Marituba, municípios também pertencentes a região metropolitana.

## FONTE DOS DADOS

O período escolhido para analisar o crescimento populacional, população com coleta de esgoto, casos de dengue e população sem coleta de esgoto, compreende os anos de 2001 à 2017. Os dados utilizados são anuais e foram obtidos, pelos suplementos estatísticos do Trata Brasil e da Plataforma do Datasus, no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan).

No Trata Brasil, foram levantados todos os dados referentes à população, população sem coleta de esgoto e com coleta de esgoto. Para os casos notificados de dengue, os dados utilizados para o estudo foram da Plataforma do Datasus, no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan), que tem por objetivo a inserção e disseminação dos dados de agravos de notificação compulsória nas três esferas de governo em tempo real fornecendo dados de forma rápida e íntegra para análise e tomada de decisões. O sistema tem por atribuições a coleta, a transmissão e a disseminação de dados gerados rotineiramente fornecendo informações para análise do perfil da morbidade da população (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

## OPERACIONALIZAÇÃO DOS DADOS

Se avaliará, com maior detalhe, a importância das variáveis de saneamento básico e epidemiológico. Se examinará dados anuais, como dito anteriormente sobre a população, casos de dengue, população com coleta de esgoto e sem coleta de esgoto, no período compreendido entre 2001 a 2017. As variáveis mencionadas irão identificar o conflito entre o crescimento ou desaceleração envolvendo os fatores crescimento populacional, sócio-ambientais e epidemiológico. Para a verificação da variabilidade de casos de dengue, os dados foram dispostos por meio de gráfico.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente artigo apresenta uma abordagem, descrita como analítica-discursiva.

Para tanto foi usado o método indutivo pois permite chegar a conclusões particulares a partir de conhecimentos gerais. Quanto ao método de procedimento empregou-se, concomitantemente, o método estatístico-matemático, onde será utilizado um modelo de Regressão Linear Múltipla, para se estimar as variáveis (mencionadas acima), no horizonte de tempo entre 2001 a 2017. Utilizar-se-á uma equação com logaritmos naturais, no sentido de minimizar o problema da multicolinearidade<sup>1</sup>. O modelo está assim representado:

$$LNPA_t = \beta_0 + \beta_1 LNDA_t + \beta_2 LNPCE_t + \beta_3 LNPSE_t + e_t \quad (1)$$

Sendo:

$LNPA_t$  = logaritmo natural da população de Ananindeua, no tempo t;

$LNDA_t$  = logaritmo natural dos casos de dengue em Ananindeua, no tempo t;

$LNPCE_t$  = logaritmo natural da população com coleta de esgoto em Ananindeua, no tempo t;

$LNPSE_t$  = logaritmo natural da população sem coleta de esgoto em Ananindeua, no tempo t

$e_t$  = estatística de erro no tempo t.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Aplicação do Modelo de Regressão Linear Múltipla

Desta maneira será testado para o município de Ananindeua tal condição no período de estudo analisado entre 2001 a 2017, onde será constatado a validação da influência do crescimento populacional, frente as demais variáveis para o município de Ananindeua (Quadro 1).

ANO	POPULAÇÃO	CASOS DE DENGUE	POP.COM COLETA DE ESGOTO	POP. SEM COLETA DE ESGOTO
2001	456.381	202	32.897	423.484
2002	458.004	235	35.543	422.461
2003	460.323	228	38.009	422.314
2004	462.788	67	38.674	424.114
2005	464.276	79	41.256	423.020
2006	465.333	34	44.339	420.994
2007	467.994	403	46.007	421.987
2008	469.973	116	49.111	420.862
2009	470.221	232	49.872	420.349

<sup>1</sup> consiste em um problema comum em regressões, no qual as variáveis independentes possuem relações lineares exatas ou aproximadamente exatas.

2010	471.980	751	50.000	421.980
2011	477.999	338	57.999	420.000
2012	483.821	355	63.821	420.000
2013	493.976	180	93.976	400.000
2014	499.776	68	91.776	408.000
2015	505.404	402	10.576	494.828
2016	510.834	310	3.828	507.006
2017	516.057	69	5.067	510.990

Quadro 1- Variáveis População, casos de dengue, população com e sem coleta de esgoto de Ananindeua.

Fonte: Do autor

Nestas circunstâncias foi aplicado um modelo de regressão linear múltipla envolvendo os logaritmos naturais da População de Ananindeua (anual), casos de dengue (anual), população com coleta de esgoto (anual) e a população sem coleta de esgoto (anual), no sentido de verificar se os coeficientes do modelo de regressão linear influenciaram direta ou inversamente proporcional as oscilações do crescimento populacional do município de Ananindeua, ou seja, se as variáveis tiveram aumento ou diminuição, durante o horizonte de tempo escolhido. Desta maneira após a estimação do modelo apresentou-se os seguintes resultados:

<i>Variáveis</i>	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>
Interseção ( $\beta_0$ )	0,47657436	5,166277473	-1,40847533	0,182455614
$LNDA_t$ ( $\beta_1$ )	-0,00413903	0,007583085	-0,54582464	0,594429438
$LNPCE_t$ ( $\beta_2$ )	0,095077376	0,030664898	3,100528022	0,008438188
$LNPSE_t$ ( $\beta_3$ )	1,493473713	0,374433894	3,988617854	0,001544845

Quadro 2- Modelo estimado para o logaritmo natural do crescimento populacional de Ananindeua.

Fonte: Do autor

O Quadro 2 apresenta-se o comportamento da variável População de Ananindeua (dependente) diante das demais (variáveis explicativas) para os dados observados e estimados, bem como os desvios do ajustamento. Os resultados mostram que os sinais das estimativas estão indicando que houve variações negativas para os casos de dengue em Ananindeua, e positivo para a população com coleta de esgoto e para a população sem coleta de esgoto.

A população de Ananindeua teve coeficiente positivo de 0,47, tal índice explica-se pela constante retração com a população com coleta de esgoto que se refletiu em

um índice positivo de 0,095. Por outro lado, isto se refletiu de maneira contrária para a variável independente, casos de dengue em Belém (-0,004), e positiva para a população sem coleta de esgoto (1,49), significando dizer que apesar do crescimento da população de Ananindeua, ou seja, variação positiva para tal variável, as variável independente teve retração, isto é, variações negativas, o mesmo não acontecendo com a outra variável explicativa ou independente que teve variação positiva demonstrando assim o crescimento de pessoas sem coleta de esgoto, no período compreendido entre 2001 a 2017.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,826566909
R-Quadrado	0,683212855
R-quadrado ajustado	0,71010813
Erro padrão	0,025058298
Observações	17

Quadro 3- Estatística de Regressão do Crescimento Populacional de Ananindeua

Fonte: Do autor

No quadro 3 acima pode-se constatar que, o coeficiente de determinação ajustado (R-quadrado ajustado) por graus de liberdade, da ordem de 0,71 mostra que 71% das mudanças que ocorrem na variável População de Ananindeua, no período de estudo analisado, são explicadas pelas variáveis independentes ou explicativas incluídas no modelo regressão, onde constatou-se que estas mudanças se deram pelas variações ocorridas nos casos de dengue em Ananindeua, população com coleta de esgoto e sem coleta de esgoto, e que, os 29% restantes são devidos à influência de fatores aleatórios. Os resultados incluem as estimativas dos parâmetros e suas respectivas estatística t entre parênteses.

$$LNPA_t = 0,47 - 0,004 LNDA_t + 0,09 LNPCE_t + 1,49 LNPSE_t \quad (2)$$

(-1,40)
(-0,54)
(3,10)
(3,98)

Os sinais dos coeficientes da regressão linear múltipla estão coerentes com as variações ocorridas na variável população de Ananindeua, indicando que sua oscilação no aumento, levou a um coeficiente negativo para as pessoas com caso de dengue, durante o período entre 2001 e 2017, o que não ocorreu para a população com coleta de esgoto e sem coleta de esgoto, que se mostrou com variação diretamente proporcional a população de Ananindeua. Desta maneira para mudanças de 10% na variável casos de dengue em Ananindeua, a população tende a variar respectivamente (-0,04 %), em sentido contrário, enquanto para variações de 10% nas variáveis, população com coleta de esgoto e sem

coleta de esgoto, a variável população de Ananindeua tende a variar na mesma direção (0,9%) e (14,9%), respectivamente.

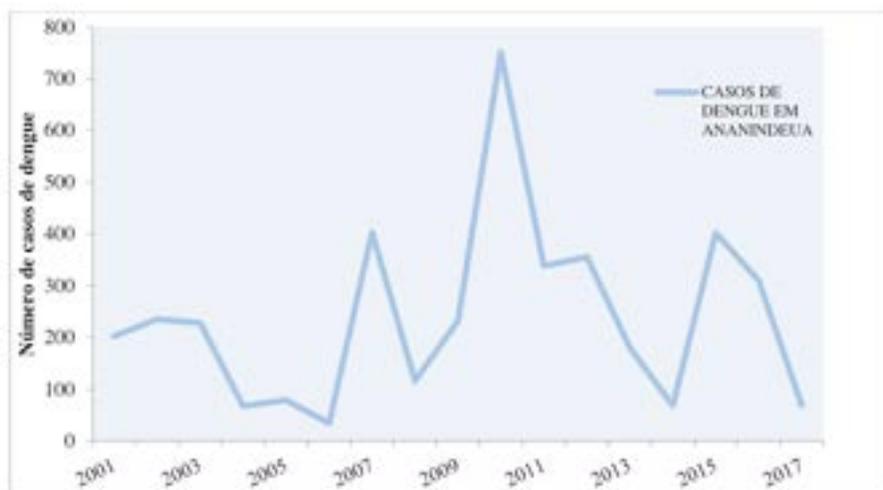


Gráfico 1- Variabilidade de casos de dengue no município de Ananindeua – 2001 a 2017

Fonte: Do autor

No gráfico 1 mostra-se a variabilidade de casos de dengue de acordo com os dados notificados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) do município de Ananindeua, no período de 2001 a 2017 foram confirmados um total de 4069 casos, configurando-se como o segundo município da Região Metropolitana de Belém com o maior número de casos da doença.

No decorrer da série de dados, a incidência dos casos de dengue no município de Ananindeua, configura anos de maiores e menores valores de incidência de casos, com o maior pico em 2010.

Sabendo que, a incidência expressa o número de casos novos de uma determinada doença durante um período de tempo, no qual a população encontra-se sob o risco de desenvolver a doença em decorrência de vários fatores, porém a diminuição em alguns momentos podem ser atribuídos a campanhas quanto a redução de casos, como por exemplo em 2016, o Ministério Público do Estado (MPE) realizou audiência pública com a prefeitura de Ananindeua com o intuito de debater propostas no combate ao mosquito transmissor da dengue, essa foi uma ação participativa que envolveu a população do município (DIÁRIO OFICIAL, 2016).

Outra ação envolveu a fornecedora de energia, que na época era chamada de Rede Celpa<sup>2</sup>, em uma parceria na utilização de seus colaboradores para averiguar, no momento

<sup>2</sup> Equatorial energia do Pará

da prestação de serviços a observação de possíveis focos do mosquito. Essa ação de combate ao mosquito ganhou reforço efetivo de pessoal devidamente capacitado pela secretaria de saúde do município (REDES/FIEPA, 2016).

## CONCLUSÃO

De acordo com o tema discutido pode-se compreender que é possível elevar os investimentos na questão do saneamento básico no município de Ananindeua, desde que se “foque” neste setor, sendo assim uma via de “mão dupla” tanto para a gestão municipal quanto para a população do município, desta maneira o saneamento básico pode evoluir quando se trata das questões social, econômica e política. Neste sentido torna-se fundamental o governo municipal investir em variáveis que agregam condições ao saneamento básico, a exemplo do que foi visto no presente artigo (como: os casos de dengue, população com coleta de esgoto e sem coleta de esgoto).

Neste entendimento o presente artigo buscou analisar a relação existente entre as condições de saneamento básico da população local e incidência epidemiológica (população, população com coleta e sem coleta de esgoto e incidência de dengue) , onde o indicador apontou que o crescimento da população do município não é acompanhada de condições favoráveis ao saneamento básico, a exemplo do aumento muito mais significativo de pessoas sem acesso a coleta de esgoto, do que com acesso a coleta de esgoto conforme mostrou os resultados das estatísticas de regressão.

A estatística de regressão vem como uma ferramenta de auxílio para comprovar numericamente a fragilidade em tal setor, apesar dos dados brutos já apontarem para esta direção. Em vista disso é possível constatar que no horizonte de tempo estudado (2001 a 2017), a carência em tal setor é latente e logo sugerir, um aumento dos investimentos por parte do governo municipal, mais, sobretudo incluindo a população no processo de tomada de decisão. Nestas circunstâncias pode-se concluir que o saneamento básico é de fundamental importância tanto para o governo municipal, como para a população, na medida em que melhora as condições de vida da sociedade e promove o desenvolvimento do município.

Mediante resultados a análise das características epidemiológicas da dengue no período de 2001 a 2017 em Ananindeua, permitiu a identificação de um pico máximo no ano de 2010 e incidência oscilante no decorrer dos anos. Esta variável, não apresentou correlação estatisticamente significativa com a população, população com coleta e sem coleta de esgoto. A hipótese que explica este resultado é em decorrência da variabilidade dos casos de dengue no decorrer do período estudado, ou seja, os casos de dengue não apresentaram um crescimento constante. Esta atribuição pode ter sido em decorrência de várias ações implementadas no decorrer do estudo, com o intuito na redução de casos.

É de fundamental importância a melhoria dos serviços de saneamento básico na

prevenção de doenças. Aspectos epidemiológicos e ambientais nas ações de saneamento representa um avanço significativo, quando se leva em consideração a legislação, porém é necessário implantar condições básicas dessas ações, para que todos possam ter fácil acesso a esses serviços.

Por fim, acredita-se que o modelo obtido, é viável, pois permite através dos resultados estatísticos a análise sucinta quanto as variáveis relacionadas a aspectos sócio-ambientais e epidemiológicos para o município estudado.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Publicado no DOU de 8.1.2007 e retificado no DOU de 11.1.2007.

CARMO, R.L.; JOHANSEN, I.C.; DAGNINO, R. S.; CAPARROZ, M.B. Dengue e Chikungunya: estudos da relação entre população, ambiente e saúde. *Textos Nepo*, n.72, p. 6-11, 2015.

DOE – 64. Diário Oficial nº 33131. Engajamento ministerial no município de Ananindeua na campanha nacional de combate ao mosquito aedes aegypti. Pará, 2016. Disponível em: > [http://www.ioepa.com.br/pages/2016/05/19/2016.05.19.DOE\\_64.pdf](http://www.ioepa.com.br/pages/2016/05/19/2016.05.19.DOE_64.pdf) < Acesso em: 10 de Jun. 2020.

FERRÃO. Maria Eugênia. *Introdução à Modelagem Multinível em Avaliação Educacional*. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2001.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 3, n. 2, p. 73, 1998.

Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento**. 2014. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/ranking-dosaneamento> Acesso em 12 Jun de 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL, RANKING DO SANEAMENTO 2016, São Paulo, 2016. Disponível em: ><http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2016/relatoriocompleto.pdf>. < Acesso em: 10 de Jun. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016. Disponível em: > <http://portalsinan.saude.gov.br/sinan-dengue-chikungunya> < Acesso em: 15 de Jun. 2020.

**Organização Pan-Americana da Saúde (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE)** disponível em:<[http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=885&Itemid=672](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=885&Itemid=672)> Acesso em: 15 jul. 2020.

REDES/FIEPA, Celpa e Prefeitura de Ananindeua combatem o mosquito da dengue, Pará, 2016. Disponível em: > <https://redesfiepa.org.br/novo/celpa-eprefeitura-de-ananindeua-combatem-o-mosquito-da-dengue-2/>. < Acesso em: 10 de Jul. 2020.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. Juiz de Fora, 2010. Trabalho de Conclusão de Curso-Faculdade de Engenharia-Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

SANTANA, Antônio Cordeiro de. *Métodos quantitativos em economia: elementos e aplicações*. Belém, Pa: UFRA, 2003.

SANTOS, G.. Interfaces do lixo com o trabalho, a saúde e o ambiente – artigo de revisão. **Revista Saúde e Ambiente**, América do Norte, 1026 02 2011.

SHARIF, A.; HAMID, A.; NAEEM, R.; RAFIQUE, H.; NAVEED, A. Dengue fever; Predictors of Spontaneous Bleeding in Dengue Fever. *Professional Med. Journal*, v. 25, n. 9, p. 1438-1441, 2018.

SPAREMBERGUER, R.F.L.; SILVA, D.A. A relação homem, meio ambiente, desenvolvimento e o papel do direito ambiental. 2018. Disponível em: <http://domtotal.com/direito/pagina/detalhe/23711/a-relacao-homemmeio-ambiente-desenvolvimento-e-o-papel-do-direito-ambiental>. Acesso em: 08 jun. 2020.

TAUIL, P.L. Urbanização e ecologia do dengue. *Cad. Saúde Pública*, v.17, p. 99-102. 2001.

VASCONCELOS, P.F.C.; RODRIGUES, S.C.; OLIVEIRA, C.S.; AZEVEDO, R.S.S.; CRUZ, A.C.R.; NUNES, M.R.T. Dengue. In: Leão, R.N.Q.; editor. *Medicina tropical e infectologia na Amazônia*. Belém: Samauma, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. *Environmental health services in Europe 1: an overview of practice in the 1990s*. Bulgária, 1993. Disponível em: <[http://health.gov/environment/Definition of EnvHealth/ehdef2.htm](http://health.gov/environment/Definition%20of%20EnvHealth/ehdef2.htm)>. Acesso em 30 maio 2020.

# CAPÍTULO 2

## VARIAÇÕES DE ELEMENTOS DA PAISAGEM AO LONGO DO TEMPO EM ÁREA DA BACIA HIDROGRÁFICA (TAQUARITINGA -SP- BRASIL)

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 07/06/2022

### Gilberto Aparecido Rodrigues

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga,  
Curso Superior em Agronegócio  
Taquaritinga, SP- Brasil  
[https:// orcid.org/0000-0001-9532-120X](https://orcid.org/0000-0001-9532-120X)

### Denise Aparecida Chiconatto

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Profa. Coordenadora Geral  
Ibitinga, SP, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-7909-5433>

### Maria Aparecida Bovério

Faculdade de Tecnologia de Sertãozinho  
Sertãozinho - SP, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-6058-611X>

### Diego Renan Bruno

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga,  
Curso Superior em Agronegócio  
Taquaritinga, SP- Brasil  
[https:// orcid.org/0000-0001-6905-6422](https://orcid.org/0000-0001-6905-6422)

### Jaqueline Amorim Campos

Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal, Curso Superior em Biocombustíveis  
Jaboticabal – SP, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0003-2271-5712>

### Luciana Aparecida Ferrarezi

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga,  
Curso Superior em Agronegócio  
Taquaritinga, SP- Brasil  
[http:// orcid.org/0000-0002-9822-7013](http://orcid.org/0000-0002-9822-7013)

### Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Departamento de Engenharia Rural,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,  
Universidade Estadual Paulista  
Jaboticabal, SP, Brasil  
<https://orcid.org/0000-0001-8261-2470>

**RESUMO:** O uso de geotecnologias tem propiciado observações do espaço geográfico com boa precisão utilizando softwares livres, sendo possível determinar vulnerabilidades ambientais e do uso e ocupação do solo. O objetivo deste estudo foi determinar as variações do uso e ocupação do solo numa escala temporal de 18 anos, utilizando imagens de satélite pelo software livre *Google Earth Pro*, por meio do método comparativo de imagens. Os resultados apontaram que a área teve maiores variações no uso e ocupação do solo, evidenciado pela redução de culturas lenhosas do ano de 2003 para o ano de 2021. Para a cultura da cana-de-açúcar, essa alteração foi da ordem de 2,21%, sendo que houve um aumento na ocupação da área agrícola de 708 ha para 727,01 ha, neste mesmo período. Fica evidente pelas imagens de 2003 que o uso e manejo do solo são baseados em sistema convencional de preparo da cana planta e a manutenção de palha sobre o solo e uso de curvas de nível são medidas comuns de conservação do solo. O uso do software *Google Earth Pro* mostrou-se uma ferramenta prática para gerenciamento do espaço geográfico rural, constatando-se que a área sob estudo tem o predomínio da cultura da cana-de-açúcar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Espaço rural;

Geotecnologia; Google earth pro; Ocupação do solo.

## VARIATIONS OF LANDSCAPE ELEMENTS OVER TIME IN A WATERSHED AREA (TAQUARITINGA -SP- BRAZIL)

**ABSTRACT:** The use of geotechnologies has provided observations of geographic space with good precision using free software. It is possible to determine the different elements of the landscape so clearly that we can reliably determine environmental vulnerabilities and land occupation and use. The aim of this study was to determine variations in land use and occupation on an 18-year time scale. The methodology used was the use of satellite images, available in the free software Google Earth Pro, through the comparative image method. The results showed that the area under study had greater variations in land use and occupation evidenced by the reduction of woody crops from 2003 to 2021 for sugarcane cultivation of the order of 2.21%, being that this had an increase in the occupation of the agricultural area in the period 2003 from 708 ha to 724.95 ha in 2021. It is evident from the 2003 images that the use of the soil is based on a conventional system of preparation of the plant cane, and the maintenance of straw on the ground and use of contour lines as common soil conservation measures. The use of Google Earth Pro software proved to be a practical tool for managing the rural geographic space, and the area under study has a predominance of sugarcane culture.

**KEYWORDS:** Rural space; Geotechnology; Google earth pro; Land occupation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A interferência humana causa alterações significativas nos elementos da paisagem natural. Dessa forma, conhecer e caracterizar essas mudanças ao longo do tempo é fundamental para entender como os processos de origem antropogênica influenciam em fatores espaciais que podem ocasionar desastres ambientais, possibilitando amenizar futuros prejuízos aos ecossistemas pelos estudos e monitoramento prévios desses ambientes (AMARAL *et al.*, 2019).

Uma bacia hidrográfica é uma área no espaço geográfico definida por uma área de drenagem de um canal fluvial ou por um sistema de canais fluviais conectados, de tal forma que todo recurso hídrico drenado nesse espaço se direciona para as partes mais baixas deste espaço geográfico, com uma única direção de saída (PEREIRA *et al.*, 2017).

Alterações nas bacias hidrográficas que ocorrem ao longo do tempo, principalmente pelas ações antrópicas, interferem em sua qualidade por esses elementos se constituírem como fatores de análise e planejamento ambiental, fazendo que o estudo e monitoramento desses ambientes sejam fundamentais para a análise dos recursos naturais e do uso e ocupação do solo (OLIVEIRA; AQUINO, 2020). Teresa *et al.* (2008), ao estudarem alterações ocorridas em microbacias com diferentes ações antrópicas, verificaram que a caracterização das condições hidrológicas das microbacias hidrográficas é um indicativo seguro que as atividades agrícolas, associada ao sistema produtivo praticado e às práticas

culturais, podem interferir significativamente nos corpos hídricos da rede de drenagem.

O uso de ferramentas de geotecnologias permite identificar e mapear as características geoambientais e as vulnerabilidades natural e ambiental de uma determinada bacia hidrográfica, e, através de políticas públicas consistentes e a gestão ordenada de bacias hidrográficas envolvendo os diversos segmentos da sociedade, pode-se mitigar o processo de vulnerabilidade em curso numa dada bacia hidrográfica. Áreas anteriormente consideradas preservadas vêm permitindo espaço para o crescimento de culturas anuais ou perenes (COSTA, 2018). O *Google Earth Pro* é um software livre que dispõe de um vasto conjunto de imagens satélite e fotografias aéreas que representam o globo terrestre em 3 dimensões. Interface simples, fácil, amigável e intuitivo, contribuindo fortemente para a observação da superfície terrestre a partir do espaço (COSTA, 2020). Dessa forma, esse aplicativo se constitui em uma ferramenta geotecnológica útil e viável no estudo e monitoramento de bacias hidrográficas, permitindo a verificação de alterações nos elementos da paisagem ao longo do tempo. O objetivo deste estudo foi verificar as variações em alguns elementos da paisagem rural ao longo do período de 18 anos, utilizando imagens de satélite, pelo aplicativo *Google Earth Pro*.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em região de Latitude 21°22'12.94"S e longitude 48°26'29.97"O da região mais alta da bacia hidrográfica de Taquaritinga, a qual pertence ao Conselho de Bacia Hidrográfica Tietê-Batalha (CBH-TB). Para o estudo foi designado um quadrante (Q2), Figura 1 e 2, de uma área amostral de aproximadamente 3581ha, realizada com a ferramenta "linha", na aba "círculo" do software livre *Google Earth Pro* (2021). A partir de uma área amostral de 3581ha foram subdivididos 4 quadrantes, utilizando-se as ferramentas do *Google Earth Pro*, e desta área utilizou-se informações do quadrante 2, conforme as Figuras 1 e 2.



FIGURA 1: Elementos da paisagem de uma área rural de 2003 no quadrante Q2 da bacia hidrográfica de Taquaritinga – SP

Fonte: os autores (2021); Traço em verde: APP; Traço em vermelho: Construções rurais; Elementos em rosa: Culturas lenhosas (Citros); Traço em branco: Contorno e divisão dos quadrantes.

Em destaque colorido encontra-se os elementos da paisagem avaliados: áreas de construção, áreas de preservação permanente (APP), áreas de culturas lenhosas, áreas impermeáveis (asfalto), áreas de cana-de-açúcar mais carreadores.



FIGURA 2: Elementos da paisagem de uma área rural de 2021 no quadrante Q2 da bacia hidrográfica de Taquaritinga – SP

Fonte: os autores (2021); Traço em verde: Área de preservação permanente (APP); Traço em vermelho: Construções rurais; Elementos em rosa: Culturas lenhosas (Citros); Traço em branco: Contorno e divisão dos quadrantes.

Para a obtenção das imagens ao longo do tempo (2003-2021) foi utilizada a ferramenta do *Google Earth Pro* denominada “Mostra de imagens históricas”, na qual é possível obter imagens com uma qualidade tal que permite a identificação dos elementos da paisagem com boa precisão. Na avaliação dos elementos da paisagem utiliza-se comumente a análise comparativa de imagens. A ferramenta “polígono” permite a mensuração (área e perímetro) dos elementos da paisagem, os quais foram planilhados no software Excel e elaborados posteriormente os gráficos.

### 3 | REFERENCIAL TEÓRICO

É plenamente possível avaliar os impactos sobre a cobertura vegetal em um ambiente urbano e rural, utilizando-se de ferramentas de geotecnologias. É muito simples realizar análises quantificadas das classes temáticas de uso e ocupação do solo. De acordo com Oliveira e Aquino (2015), ao fazerem uso de softwares de geotecnologias para analisar as mudanças no espaço rural e urbano, constataram o aumento da classe ocupação urbana, que resultou no aumento da classe solo exposto e na redução das classes relativas à vegetação arbustiva e arbórea. A classe solo exposta passou em 2010 a ocupar 25,64% da área do bairro Vale do Gavião. Os resultados obtidos por estes autores ensejam a necessidade premente de ações públicas no sentido de minimizar os danos causados aos aspectos físicos da área de estudo, resultado do crescimento urbano desordenado. A redução das classes vegetação arbustiva e arbórea implicaram em perda de diversidade animal urbana.

Araújo et al. (2009), relatam a possibilidade de utilizar a bacia hidrográfica como unidade geoambiental é uma metodologia coerente em estudos dos processos de degradação ambiental. Em casos eventuais de contaminação difusa dos corpos hídricos mostra-se muito apropriada. Relatam ainda que é muito importante o monitoramento da concentração de elementos ou substâncias orgânicas, muitas vezes de estrutura complexa, tais como os agroquímicos, ou mesmo substâncias inorgânicas, tais como os cloretos, nitratos, fosfatos e sulfatos, e alguns metais pesados, podem interferir negativamente na qualidade das águas superficiais e subterrâneas.

O impacto na qualidade da água que abastece determinada área de uma bacia hidrográfica pode ser constatado, mesmo que tenha atividades com predomínio da agropecuária ou extrativismo, em que se presume encontrar-se bem conservada, para atender a maioria da população rural para usufruir para o consumo próprio ou em atividades agropecuárias, apresentou significativa porcentagem de poços (mais que 50%) que apresentavam níveis de condutividade acima do recomendado para a potabilidade da água (SANTIAGO, 2019).

Preis et al. (2021), utilizando geotecnologias para verificar e estimar a variação no uso e ocupação do solo ao longo do tempo em bacia hidrográfica do Rio Itajaí, estimaram

que para 2027 haverá aumento de atividades que causam degradação das bacias, tais como aumento na área de silvicultura e redução na área de florestas naturais. Esses dados são fundamentais para uma gestão e planejamento a longo prazo, focado na qualidade ambiental, de forma a amenizar os prejuízos causados pelas atividades antrópicas sobre os recursos naturais.

A degradação dos recursos hídricos superficiais, o conhecimento da disponibilidade de reservas hídricas subterrâneas e o processo desordenado de urbanização, são realidades de bacia hidrográficas que estão ligados diretamente às crises associadas ao sistema de abastecimento de água. As águas subterrâneas podem, de certa forma, se apresentar como um recurso estratégico para aliviar o agravamento da chamada crise hídrica numa dada condição temporal. O desconhecimento de fato da quantidade de poços profundos outorgados numa dada bacia hidrográfica está longe de estar sob controle dos gestores públicos (MONÇÃO; VELOSO, 2021).

A ação antrópica tem sido atribuída como a causa mais marcante da contaminação das águas subterrâneas, contaminação esta que pode ser intensificada em virtude das características físicas inerentes dos aquíferos, e do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica (ANJINHO *et al.*, 2018). Estes autores relatam ainda que a bacia do rio São Roque (UGRHI 09), no Estado de São Paulo, encontra-se de maneira geral, em estado de vulnerabilidade ambiental em 66,17% do território da bacia, considerada então por risco de contaminação muito alto. A presença de áreas de proteção ambiental e o manejo do solo com práticas conservacionistas, de modo planejado, propicia a mitigação dos problemas de contaminação e preservação dos mananciais subterrâneos. As condições de condutividade elétrica da água, dependendo da bacia em questão pode indicar alterações significativas dos corpos hídricos, assim como os valores de oxigênio dissolvido é um indicativo do nível de autodepuração do corpo hídrico (PISSARRA *et al.*, 2008).

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise das imagens mostrou que houve poucas mudanças nos elementos da paisagem no quadrante 2, mas em especial para as culturas lenhosas, provavelmente compostas por citros, foram substituídas pela cultura da cana-de-açúcar. As áreas de preservação permanente (APP) foram pouco alteradas no período do estudo, conforme Gráficos 1 e 2.

No Gráfico 1 os elementos mais marcantes quantificados no ano de 2003, onde a área destinada à culturas lenhosas tinha uma pequena representatividade, provavelmente de “citros”, o que modificou-se ao longo de 18 anos, onde no Gráfico 2 é possível notar a aumento da área destinada à cultura cana-de-açúcar. As áreas de preservação permanente mantiveram-se praticamente inalteradas, entretanto denota porcentagem restrita de 131,81ha (15%) considerando a legislação atual do novo código florestal (Gráfico 2).

Elementos da paisagem rural-2021- Q2

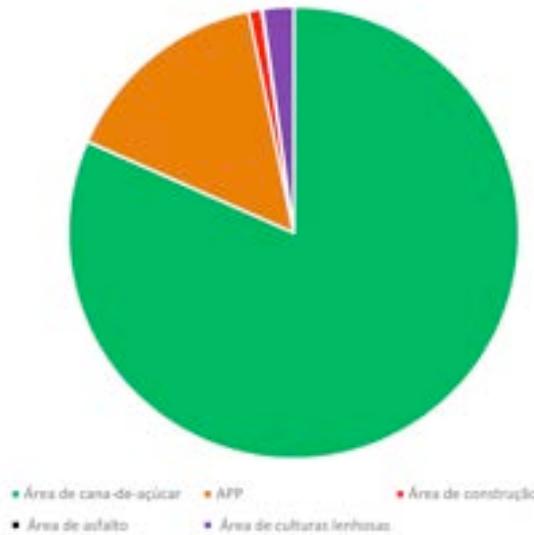


GRÁFICO 1: Elementos da paisagem em 2003 de uma área rural no quadrante Q2 da bacia hidrográfica de Taquaritinga – SP

Fonte: os autores(2021)

Área dos elementos da paisagem rural-2021- Q2



GRÁFICO 2: Área dos elementos da paisagem em 2021 de uma área rural no quadrante Q2 da bacia hidrográfica de Taquaritinga – SP

Fonte: os autores(2021)

A presença antrópica na área sob estudo não sofreu alteração no período considerado de 18 anos. O processo de êxodo rural fica evidente no quadrante 2 pela baixa densidade de residências ou construções rurais, em uma área de 868 ha, apenas quatro unidades, mostrando que as transformações do ambiente rural não é muito diferente de outras regiões de nosso país onde há intenso uso e ocupação do solo, e também da vegetação predominante foram muito impactadas no século passado (VIBRANS; PELLERIN, 2004). Um pouco antes do período de 18 anos das observações de imagens deste estudo, concordam com citações de novas ocorrências migratórias verificadas nos últimos vinte anos, notadamente no que diz respeito a grandes cadeias produtivas de monoculturas, como a soja, o milho e a cana-de-açúcar (PERES, 2009). Roma (2011), mostra em seus apontamentos a mudança no rural no Estado de São Paulo, em imagens de satélite, onde constata-se transformações significativas locais e regionais, propiciadas pelo avanço do setor sucroalcooleiro nas áreas rurais, embora dinâmico, mas conduzindo a uma produção agrícola menos diversificada.

Damame *et al.* (2019), analisando as alterações e impactos ambientais pela ocupação e uso do solo ao longo do tempo em sub bacias de Campinas-SP verificaram que as ações antrópicas influenciariam a dinâmica desses ecossistemas, fragilizando o sistema. Ainda, esses autores relatam que a ocupação urbana esteve relacionada com a impermeabilização do solo, prejuízos na ciclagem de nutrientes e drenagem de água, além de características não adequadas para o estabelecimento de culturas.

Não observou-se no período estudado a presença de espelhos d'água naturais ou represados, o que provavelmente é um indicativo de menor diversidade lacustre. Neste aspecto, Correa *et al.* (2016) reforçam a ideia de que ambientes lacustres, decorrentes ou não de ação antrópica, ou da expansão agrícola ou da expansão urbana, exercem um papel significativo na disponibilidade de recursos alimentares, espaço e abrigo de diferentes comunidades de espécies que exploram ambientes com diferentes espelhos d'água.

Araújo *et al.* (2009) comentam que é possível a recuperação das áreas impactadas em uma dada bacia adotando-se medidas de manejo planejadas, adequadas e a proposição de ações mitigadoras, as quais podem resultar em melhoria da qualidade da água dos corpos hídricos. Além disso, deve-se atentar para combater e controlar a poluição difusa, com respostas positivas no melhoramento da flora característica local e, por conseguinte da fauna, ou seja, uma recuperação ambiental exemplar. Os resultados deste estudo sugerem que algumas medidas devam ser encaminhadas pelo poder público ou por empresas de extensão rural, para reverter os processos de degradação ambiental, pois fica evidente a pressão exercida sobre as áreas de preservação permanente e os corpos hídricos pouco visíveis, pelo uso e ocupação do solo, provavelmente resultando em assoreamento dos corpos hídricos.

Embora não quantificados, os carregadores mostram-se aparentemente números expressivos, indicando um aparente recorte excessivo da área agrícola para permitir o

trânsito ou manobra dos rodados. A área impermeável, representada pela rodovia não sofreu alterações no período considerado.

Santiago (2019), relata que alguns trechos da bacia hidrográfica de seu estudo, especificamente no estado do Piauí, em que os níveis de vulnerabilidade ambiental eram baixo e médio, quando o uso e ocupação do solo expõe a riscos ambientais, a exploração deste ambiente implica que devem ser respeitados os limites naturais do ambiente e informações sobre relevo e declividade para o uso de práticas conservacionistas. No atual estudo fica visível pelas imagens de satélite que o uso de curvas de nível é a prática conservacionista de predomínio neste quadrante, entretanto, observa-se poucas bacias de contenção de água e solo, como prática conservacionista. Neste estudo, é possível identificar também a presença da palha mostrada pelas imagens de satélite pode-se inferir que a presença da palhada sobre o solo, mais práticas conservacionistas podem exercer aspecto muito positivo para atenuar eventuais perdas de solo e matéria orgânica, contribuindo para a sustentabilidade do sistema de produção agrícola (SOUSA, MARTINS FILHO & MATIAS, 2012).

Como a área sob estudo localiza-se numa região de recarga do aquífero Bauru, e a área é coberta por apenas 15% de APP, é possível que projetos de recomposição ou enriquecimento de essências nativas contribuam significativamente para o aumento das reservas de águas subterrâneas desta região (MONÇÃO; VELOSO, 2021), com benefícios para produção rural e a população de toda bacia.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do software *Google Earth Pro* mostrou-se uma ferramenta prática para gerenciamento do espaço geográfico rural. Há predomínio da cultura da cana-de-açúcar e o uso de curvas de nível como meio de conservação da água e solo. As áreas de APP foram pouco alteradas no período estudado mas encontram-se em porcentagem de apenas 15% da área do quadrante, e com predomínio visual de gramíneas e plantas lenhadas nativas esparsas.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, F. G., CRUZ, C. B. M., DA CRUZ, C. L. Z., VIEGAS, V. S., DA SILVA, C. B., & BASTOS, R. M. C. (2019). **Ecologia da Paisagem e o Sensoriamento Remoto na investigação da dinâmica da Paisagem**. ENANPEGE-Encontro Nacional da ANPEGE, XIII, São Paulo.

ANJINHO, P. da S.; CAMPOS, L. G.; MAUAD, F. F.; MOSCHINI, L. E. **Geotecnologias aplicado à análise do risco à contaminação dos aquíferos da bacia hidrográfica do rio São Roque – SP. Águas Subterrâneas** - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 11p., 2018. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v3i2i3.29136>

ARAÚJO, L. E. de; SANTOS, M. J. dos; DUARTE, S. M. & OLIVEIRA, E. M. **Impactos ambientais em bacias hidrográficas –bacia do rio Paraíba.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 13, n. 2, p. 109-115, jul./dez. 2009.

COSTA, F. R. da (2018). **Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (RN).** 2018. 244p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Centro de Biociências.

COSTA, M; ALCANTARA, T; RICHTER, M. **Uso do Google Earth para o desenvolvimento do pensamento espacial no ambiente escolar.** 2020. Disponível em: <http://www.revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/309/239>. Acesso em: 24 set 2021.

CORRÊA, B. S.; MOURA, A. S. de; REIS, J. E.; SOUZA, L. dos R.; PENONI, L. **Aves e sua relação com ambientes aquáticos (lagos marginais, açudes e lagos): um estudo de caso.** In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE DE POÇOS DE CALDAS, 21, 22 e 23 DE Setembro DE 2016, Poços de Caldas, MG, V.8, N.1 2016 8p. <http://www.meioambientepecos.com.br/anais-2016/>

DAMAME, D. B.; LONGO, R. M.; OLIVEIRA, E. D. **Impactos ambientais pelo uso e ocupação do solo em sub bacias hidrográficas de Campinas, São Paulo, Brasil.** Acta Brasiliensis, v. 3, n. 1, p. 1-7, 2019.

MONÇÃO, A. G.; VELOSO, R. B. **A importância das águas subterrâneas para a gestão integrada dos recursos hídricos: captação, controle e monitoramento na bacia do rio Verde Grande.** Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 11p., 2021. <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i1.30026>

OLIVEIRA, C. E.; AQUINO, C. M. S. de **Crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal no bairro vale do gavião - Teresina – PI – Br.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 17, n. 2, p. 68-84, jul., 2015. <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. **Dinâmica Temporal do uso e cobertura da terra na fronteira agrícola do MATOPIBA: Análise na sub-bacia hidrográfica do rio Gurguéia-Piauí.** Revista Equador, v. 9, n. 1, p. 317-333, 2020.

PEREIRA et al. (2017) **Caracterização de uma bacia hidrográfica utilizando ferramentas de geoprocessamento.** In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, XV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA AMBIENTAL e III FÓRUM LATINO-AMERICANO DE ENGENHARIA E SUSTENTABILIDADE. Belo horizonte, MG, 2017, 12p.

PERES, F. **Saúde, trabalho e ambiente no meio rural brasileiro.** Ciênc. saúde coletiva, 14,6 , Dez 2009. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232009000600007>

PISSARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M.; GALBIATTI, J. A.; CAMPOS, S. **Análise das condições hidrológicas em bacias hidrográficas com diferentes uso e ocupação do solo.** Irriga, Botucatu, v. 13, n. 4, p. 552-565, outubro-dezembro, 2008.

PREIS, C. M.; FRANCO, D.; VARELA, S. C. **Avaliação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Itajaí e simulação para 2027.** Geociências, v. 40, n. 02, p. 407-414, 2021.

ROMA, C. M. **A expansão da cana-de-açúcar e do seu outro.** Geografia em questão, v. 04, n.01, p.95-111, 2011.

ROSA et al. (2004) **Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da Bacia do Rio Araguari – MG**, p.69 – 87. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (Org.) *Gestão Ambiental da bacia do Rio Araguari – rumo ao desenvolvimento sustentável*. Editora UFU/CNPq, Uberlândia, 2004, 221 p.

SANTIAGO, C. M. C. **Análise da vulnerabilidade dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do rio São Nicolau- Semiárido Piauiense**.2019. 210p.Tese(Doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SANTOS, P. T.; MARTINS, A. P. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Claro (GO) Utilizando Geotecnologias**. Revista do Departamento de Geografia, Volume 36, p. 155-170, 2018.

SOUSA, G. B., MARTINS FILHO, M. V. & MATIAS, S. S. R. **Perdas de solo, matéria orgânica e nutrientes por erosão hídrica em uma vertente coberta com diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar em Guariba – SP**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.32, n.3, p.490-500, 2012, maio/jun.

VIBRANS, A. C.; PELLERIN, J. R. G. M. **Espaço rural: de espaço de vida a produto de consumo urbano? Observações sobre a bacia do Itajaí**. Geosul, Florianópolis, v. 19, n. 38, p 99-113, jul./dez. 2004.

## LA EDUCACIÓN POPULAR AMBIENTAL Y SU APOORTE A LA PEDAGOGÍA CRÍTICA

Data de aceite: 01/08/2022

Jaime Andrés Valencia Betancourt

**RESUMEN:** A través de la metáfora de la estructura de un puente: *El estribo y la cimentación, las pilastras y la super estructura*, se presentan elementos relevantes sobre *Pedagogía Crítica, Educación Popular, Educación Popular Ambiental y resistencia de las Comunidades Locales*, con el objetivo de reconocer los aportes que la Educación Popular Ambiental hace a la Pedagogía Crítica como práctica de resistencia local; exaltando la sistematización de una experiencia mexicana acerca de Educación Popular.

**PALABRAS CLAVE:** *Pedagogía Crítica,*

*Educación Popular, Educación Popular Ambiental, Comunidad local.*

**ABSTRACT:** In the following article from the representation of the structure of a bridge: The abutment and the foundation, the pilasters and the super structure, relevant elements on Critical Pedagogy, Popular Education, Popular Environmental Education and resistance of the Local Communities are presented with the objective of recognizing the contributions that Popular Environmental Education makes to Critical Pedagogy as a practice of local resistance; extolling the systematization of a Mexican experience about Popular Education.

**KEYWORDS:** *Critical Pedagogy, Popular Education, Popular Environmental Education, Local Community.*



Figura 1 - Fotografía de mural realizado en Putumayo, Colombia, en el marco del Paro Nacional, mayo de 2021.

## ¡ES EL TIEMPO DE LA VOZ DE LOS PUEBLOS!

Dicen los abuelos que los tiempos cambian, sin embargo, a pesar del tiempo, es admirable cómo hoy en día siguen vigentes las palabras escritas por Paulo Freire hace más de 35 años, consolidándose cada vez más la voz de los pueblos como un puente que une las realidades de las comunidades y sus experiencias pedagógicas. Esto ha permitido la construcción de diversos conocimientos científicos sociales desde las comunidades, las cuales por mucho tiempo fueron excluidas por la comunidad científica como constructoras de conocimiento.

Un puente une, vincula, transporta. En este artículo se relacionan la Pedagogía Crítica, la Educación Popular, la Educación Popular Ambiental y la resistencia de las Comunidades Locales, a través de la metáfora de un puente y los elementos clave que lo constituyen, de la siguiente manera: **El estribo y la cimentación**, que representan *las bases de la Pedagogía Crítica y La Educación Popular*; **Las pilastras**, que simbolizan *La Educación Popular Ambiental*; y **La super estructura**, que representa *La resistencia de las Comunidades Locales*. El propósito de lo anterior es reconocer los aportes que hace la Educación Popular Ambiental a la Pedagogía Crítica como práctica de resistencia local.

### EL ESTRIBO Y LA CIMENTACIÓN

Los estribos son las bases externas del puente, aquellas que sostienen el paso de un lugar a otro y que se erigen desde la cimentación, con el objetivo de hacer el paso fuerte y seguro. En este caso, los estribos son la Pedagogía Crítica y la cimentación es la Educación Popular.

Es imprescindible comenzar esta construcción teórica citando el pensamiento y los aportes de Paulo Freire, el mayor precursor de esta cimentación. Gisho (2009), retoma varios planteamientos de Freire para precisar las diferentes contribuciones que hace a la pedagogía:

- El reto de humanizar, dignificar y democratizar las acciones pedagógicas desde el fortalecimiento de las prácticas culturales de las comunidades marginadas y excluidas por el sistema hegemónico imperante en la sociedad.
- Uno de los aportes más relevantes de Freire es el reconocimiento político de la acción educativa, mediada por la relación estrecha entre los sujetos, la política, la acción pedagógica y el proyecto cultural. Aquí, la educación se convierte en la alternativa social más relevante para lograr las transformaciones que se necesitan en cualquier contexto que ha sido subyugado por el sistema hegemónico.
- El cambio en la visión de la educación, pues no se concibe una educación de tipo bancaria, de acumulación de saberes, de relaciones de poder o autoridad, sino que esta demanda estar mediada por el diálogo y el intercambio de saberes, desde la horizontalidad de las relaciones interpersonales.

- El cambio social inicia desde el momento en que se humanizan las realidades de las comunidades, su situación histórica, permitiendo que se construya un diálogo crítico sobre las causas de esas realidades y las respuestas a la solución de cada una de ellas.
- El reconocimiento de la identidad cultural propia de cada comunidad, identidad que representa las realidades históricas de los pueblos, los cuales en muchos casos han sido invadidos culturalmente por los intereses de los opresores.
- La resignificación del valor del auto aprendizaje, la auto evaluación, la cooperación y la solidaridad comunitaria, posibilitando el fortalecimiento de los saberes populares desde las interacciones sociales y las relaciones horizontales.

Para Gisho (2009), el movimiento de Educación Popular iniciado por Freire está situado bajo un paradigma pedagógico emancipador, el cual luego, desde la academia, se asoció a la Pedagogía Crítica, debido a la reflexión de la práctica pedagógica y su propuesta de Educación Popular desde América Latina. Según el autor, en la Pedagogía Crítica se valoran especialmente el diálogo, la tolerancia, la autonomía, la alegría y la esperanza, con el propósito de consolidar el proceso de reconstrucción de sujetos sociales históricos, bajo un carácter ciudadano que resalta las posibilidades políticas, económicas y culturales de los pueblos.

Alarcon (2020), resalta de la obra de Freire la creación de alternativas populares que, desde la Pedagogía Crítica, consolidan la construcción de un nuevo sujeto, quién está en capacidad de transformar el mundo del que hace parte, por medio del diálogo como elemento articulador revolucionario, transformador, democrático y popular. Precisamente, este diálogo es el que, desde las relaciones horizontales de los diferentes grupos, permite el florecimiento del contexto histórico, político y el fortalecimiento de las tradiciones culturales. Por tanto, los estribos de la Pedagogía Crítica se fundamentan desde la cimentación de la Educación Popular, emergiendo una teoría que se retroalimenta de las relaciones entre el saber popular, la práctica y la teoría, la construcción colectiva del conocimiento y la emancipación del valor y la identidad cultural.

De acuerdo con Leff (2004), la Pedagogía Crítica invita a la praxis para la transformación social, desde la construcción de una racionalidad ambiental como proceso político y social. Naturalmente, dicha construcción pasa por la confrontación y concertación de intereses opuestos, y el rescate del saber ambiental hacia el desarrollo de una nueva racionalidad social.

## **LAS PILASTRAS: LA EDUCACIÓN POPULAR AMBIENTAL**

La Pedagogía Crítica y la Educación Popular promueven la educación desde las realidades emancipadoras de las comunidades. En este contexto toma fuerza la Educación Popular Ambiental, la cual demanda una educación que responda a las necesidades de los territorios ricos en biodiversidad. Cabe mencionar que el elemento natural es muy

característico de diversos territorios que han sufrido la hegemonización del poder, y donde la Educación Popular Ambiental ha surgido como respuesta emancipadora a la dominación.

Las pilastras son las columnas, asentadas en los cimientos, cuyo propósito es estructural, dado que deben soportar el peso. En este sentido, la Educación Popular Ambiental se convierte en las pilastras que sostienen la teoría de las prácticas educativas ambientales que nacen desde los territorios emancipados.

Con respecto al desarrollo de la Educación Popular Ambiental se encuentran aportes de diversos autores, quienes resaltan el valor emancipador de esta nueva pedagogía dentro de la corriente crítica. Freire (2000) reconoce el papel de la acción política que implica la organización de las clases populares para intervenir y reestructurar la sociedad, dando relevancia al contexto, desde el cual se desarrollan proyectos de resistencia y cambio, que se reorganizan en función de las particularidades de los territorios y sus localidades (como se citó en Mejía, 2014). Así, toma forma la construcción de un nuevo paradigma de Educación Ambiental, desde la Educación Popular Ambiental.

Calixto (2010) representa la Educación Popular Ambiental como una alternativa significativa para analizar, reflexionar y proceder a una construcción colectiva de las relaciones entre la economía, la sociedad y la naturaleza, surgida de los movimientos ambientalistas latinoamericanos. Para este autor, la Educación Popular Ambiental cuestiona los parámetros dominantes de una educación ambiental de orientación ecológica, y configura una propuesta que brinda elementos valiosos para analizar críticamente el discurso de la globalización y del desarrollo sustentable, a partir de las luchas de cambio social y las características culturales y ecológicas propias de las comunidades locales. De esta manera, caracteriza a la Educación Popular Ambiental como el fomento de una conciencia ambiental crítica, reconstruyendo y des-hegemonizando el uso mercantil del medio ambiente, para desarrollar una postura política y social transformadora desde otras realidades locales, la cual responde a las necesidades de las comunidades.

Un elemento relevante dentro de las pilastras de la Educación Popular Ambiental, es la importancia del desarrollo sustentable como una alternativa para las comunidades marginadas y excluidas. Esta contribuye a la construcción de una sociedad solidaria a partir de la formación de sujetos que hacen una lectura crítica de la realidad de sus contextos, identificando problemas y generando desde ellos mismos las propuestas, las acciones y las posibles soluciones. En dicho proceso, se privilegia la solidaridad, el reconocimiento de las diferencias y la igualdad de oportunidades, características propias de la Educación Popular (Calixto, 2010).

Gadotti (2002) define la Educación Popular Ambiental como la cultura de la Sustentabilidad, la cual parte del principio de que la tierra está constituida por una sola comunidad de seres humanos, quienes son ciudadanos de una única nación. Esta visión le da un carácter político y de ciudadanía a la construcción de la propuesta de la Sustentabilidad, relacionándola directamente con las pilastras que sostienen a la Educación

Popular Ambiental como estrategia ambiental comunitaria, inmersa dentro de la Pedagogía Crítica.

## LA SUPER ESTRUCTURA: ¿CUÁL ES NUESTRA PROPUESTA? LA RESISTENCIA DE LAS COMUNIDADES LOCALES

La superestructura es la que une el camino, la que permite el paso de un lugar a otro. Su calidad depende de las pilastras, el estribo y la cimentación, que son los que soportan el paso. Por tanto, la super estructura es la resistencia de las Comunidades Locales, que toma vida por medio de las propuestas emancipadoras que llevan a cabo las comunidades como respuesta a las necesidades y problemáticas de sus territorios.

Cevallos y Martínez (2020) caracterizan la Educación Popular emancipadora como aquella que permite el empoderamiento de los pueblos y de las comunidades en la construcción de nuevos paradigmas de vida. Asimismo, resalta cómo la Pedagogía Crítica permite una resignificación de los saberes, desde el trabajo cotidiano y la convivencia de la comunidad. Por su parte, Santos y Meneses (2015) enfatizan en el sentido intercultural del diálogo de saberes que se da entre las diversas sabidurías, las manifestaciones culturales locales, el arte popular y el trabajo cooperativo.

García (2020) ubica a la Educación Popular Ambiental en la corriente educativa socio constructivista. Esta sostiene que el sujeto aprende, construye y desarrolla los conocimientos a través de la interacción con su ambiente físico y social, privilegiando así las metodologías participativas. Dentro de estas, destaca el enfoque de la Investigación-Acción-Participación como parte esencial metodológica que permite la construcción colectiva y el diálogo de saberes.

Por tanto, se evidencia cómo la Educación Popular Ambiental se convierte en una práctica educativa emancipadora, que permite la formación de sujetos críticos y activos, comprometidos con el entorno, la comunidad y su territorio. La forma como las comunidades se organizan y responden a sus necesidades debe ser reconocidas por medio de la Sistematización de Experiencias.

Para Jara (2018), la sistematización de experiencias tiene como propósito proponer nuevas interpretaciones de las realidades particulares de un contexto determinado, que permitan la autodeterminación de sus prácticas culturales. Así, estas realidades de las comunidades se transforman en la reconstrucción de nuevas experiencias de carácter crítico, emancipadoras, que alimentan tanto la teoría como la práctica de una nueva Educación Popular Ambiental.

## PARA FINALIZAR ¿CUÁL ES NUESTRA ESPERANZA?

*Nuestros sabios no están en Europa, con los grandes pensadores políticos que hemos leído en la historia, sino que están acá en las*

*selvas, en los ríos están pescando para sobrevivir y a ellos es que debemos escuchar para lograr lo que soñamos.*

**Orlando Fals Borda**

A lo largo de toda América Latina, se han desarrollado propuestas de Educación Popular Ambiental que alimentan la teoría de la Pedagogía Crítica, desde las realidades de las comunidades locales. A continuación, se comparte una experiencia comunitaria de Educación Popular que corresponde a una población campesina ubicada en el estado de Jalisco, República Mexicana.

La experiencia esta sistematizada bajo el nombre “La escuela campesina: Un proyecto de Educación Popular”. En ella participaron diferentes organizaciones sociales como Tlalij, Mesoamérica Kaab, Rasa: red alternativa sustentable agropecuario de Jalisco, Cioteu: acuerdo ecológico colectivo de productores orgánicos de la costa sur de Jalisco, entre otros. Para presentar esta experiencia, se utilizará la metáfora del árbol, desarrollando los ejes de trabajo comunitario por medio de **las raíces, el tronco y la copa**, y con **los frutos** se expondrán las conclusiones y los aportes que brinda esta experiencia al campo de conocimiento de la Educación Popular.

*La tierra no se vende, se ama y se defiende...*

## **LAS RAÍCES**

Los orígenes de la escuela campesina en Jalisco se remontan al año 2011, cuando varios líderes comunitarios decidieron unirse para compartir conocimientos y experiencias entre ellos, dado que identificaron en la comunidad carencias en algunos conocimientos y fortalezas en otros. Ante esto, decidieron invitar a una serie de formadores, quienes les facilitaran complementar sus conocimientos, todos aprendiendo de todos.

Al iniciar la escuela se centraron en dos ejes: La educación política y el compartir técnicas referentes a la construcción y la agricultura. Estos asuntos fueron planteados a la comunidad por medio de dos interrogantes: ¿Qué como donde vivo? y ¿Dónde vivimos? Esta situación demandó que entre todos se formaran, con el apoyo de diferentes organizaciones sociales; que se compartieran talleres por medio de escuelas comunitarias que facilitaron la formación cooperativa.

Para abordar el tema ¿Dónde vivimos?, se desarrollaron talleres desde la arquitectura a fin de formar en la construcción de adobes para las viviendas. De este modo, se facilitó a la comunidad la oportunidad de compartir conocimientos acerca de formas de construcción viables, la accesibilidad de materiales y maneras tradicionales de construir viviendas, reconociéndose como comunidades autónomas para ello.

Por otro lado, la formación política tuvo inicio desde los movimientos campesinos, retomando desde Freire que la educación se da en un contexto político, cultural y social, en el

que el educando debe ser un artista, que redibuja el mundo, repinta la realidad, cambiándola. De ahí que, la escuela campesina planteó sus raíces inspirándose directamente en la naturaleza, en el amor por la tierra. Se inició el trabajo formativo realizando un diagnóstico a partir del análisis de la realidad de las comunidades. Este permitió reconocer y compartir las experiencias de los productores del campo para responder a las necesidades de las familias, basadas en la agricultura orgánica, con las cuales han resistido a los intereses neoliberales y políticas de explotación con fines de lucro que tanto han lastimado al campo. Para muchas familias pertenecientes al proyecto, la escuela permite el reencuentro y el intercambio de conocimientos. En sus propias palabras, esta es una escuela: *en donde nadie tiene la verdad, cada quien tiene su verdad y entre todos se va aprendiendo, gente aprendiendo de la misma gente*; lo que demuestra el carácter colectivo, colaborativo y participativo de la experiencia comunitaria.

Para que estas raíces sean fuertes, es necesario tener tres pilares fundamentales en la formación:

- Educación popular, técnicas y prácticas relacionadas con la construcción de alternativas alimentarias, producción de alimentos orgánicos y anti plagas de origen natural.
- Posicionamiento político desde alternativas y posturas que fortalezcan la comunicación popular y el diálogo en la comunidad.
- Lo mágico trascendental en cuanto a la relación con la tierra, la convivencia, relacionada con la filosofía *que no se deje de vivir*.

## EL TRONCO

El tronco es el que fortalece la propuesta comunitaria, la cual pretende promover la organización social y el cooperativismo por medio de la construcción de alternativas colectivas. Es decir, se busca la unión de fuerzas en la búsqueda de respuestas a problemáticas de la comunidad, que estas se den de campesino a campesino, desde sus conocimientos tradicionales y reconociendo el valor de lo colectivo. Es una escuela itinerante en la cual las experiencias no pueden salir de sus contextos para ser bien entendidas, puesto que no son ajenas a las realidades que la gente comparte, logrando la fortaleza que la comunidad necesita para organizarse políticamente.

El tronco permite la comunicación entre las raíces y la copa. Es por esto que transporta las herramientas y estrategias que la comunidad utiliza, para luego dar fruto al trabajo cooperativo.

## LA COPA

Representa lo que se muestra, lo que se es. Esto se logra a través de la edu-

comunicación. Al ser una escuela campesina de educación popular, los propósitos, por medio del trabajo comunitario, han permitido compartir diversas alternativas sustentables e intercambiar tecnologías sustentables en líneas de construcción ecológica y agricultura alternativa, fortaleciendo una economía solidaria. Así pues, la comunicación popular permitió la creación de redes que generaron nuevas alternativas de vida para el campesino, nuevas formas de producir y consumir, dejando en evidencia que son posibles otras economías en manos de los pueblos, mediante la articulación entre la unidad y la incidencia política.

Lo frondoso de esta escuela campesina radica en el poder popular con el que se fortalecen diversas capacidades de análisis y diseños de alternativas que plantean a la agricultura como parte de la cultura popular, y en la asociación que establece la academia con la comunidad. De esta forma, la academia trabaja en conjunto con la comunidad en la lucha por el territorio.

Cabe señalar que este tipo de iniciativas pueden generar miedos y prejuicios relacionados con la revolución. No obstante, es importante reconocer el papel del poder de la mujer como protagonista, el despertar de un feminismo comunitario, desde diversas miradas y escenarios.

## LOS FRUTOS

Vale la pena citar las palabras de los participantes con respecto a lo que para ellos significaba la escuela campesina. Esta experiencia de educación popular para el campesinado terminó convirtiéndose en: *La magia y esperanza por la tierra, en un espacio de constante producción, de compartir, de un sorprendente aprendizaje, en la reflexión al encontrarse consigo mismo en la participación de los espacios con académicos, productores, consumidores, en la construcción de otros mundos posibles, en una solidaridad más humana, más esperanzadora, es la casa que nos lleva al pasado para rescatarlo, en un culto tan grande que necesitaba de muchos de otros para poder contarlo.*

## APORTES PARA LA VIDA

La experiencia compartida pone en evidencia la importancia de la aplicación de la Educación Popular Ambiental en las comunidades menos favorecidas. La integración comunitaria es un elemento primordial que se fortalece por medio de la Educación Popular. Generar estrategias de intervención comunitaria desde las necesidades y realidades de las comunidades, permite que estas se apropien de sus territorios, generando nuevas alternativas, nuevas dinámicas que van más allá de los modelos hegemónicos impuestos, creando un carácter político que trasciende lo colectivo.

La Educación Popular va de la mano de la participación ciudadana, de la democratización de los espacios y del fortalecimiento del ser político de los individuos. Por tanto, cualquier experiencia construida desde el marco de la Educación Popular, debe

conllevar la emancipación de los pueblos, la reconstrucción histórica de los escenarios de las comunidades y el carácter político que hoy en día las comunidades invisibilizadas por los intereses de la hegemonía deben reconstruir.

Es por ello que, desde Freire, las experiencias comunitarias buscan la posibilidad de producir nuevos conocimientos, dándole otro sentido al valor del territorio desde la interculturalidad. Es decir, se reconoce que el conocimiento se construye desde todos, y que el diálogo hace parte esencial de la esperanza, el cual permite la liberación de los pueblos y tener su protagonismo en la búsqueda de la reivindicación de sus conocimientos y verdades.

En conclusión, es posible reconocer que la Educación Popular Ambiental, como práctica de resistencia local, hace los siguientes aportes a la Pedagogía Crítica:

- Genera espacios de integración comunitaria para afrontar las problemáticas y explorar las oportunidades de su territorio, desde prácticas pedagógicas basadas en el diálogo y el intercambio de saberes.
- Facilita que las comunidades locales se apropien de sus territorios a través de la formación y reconstrucción de sujetos sociales con carácter ciudadano, posibilitando así la transformación social.
- Suscita procesos de emancipación de comunidades locales, que implican la construcción de una nueva racionalidad social.
- Posibilita que las comunidades se reconozcan como productoras de conocimientos científicos sociales, rescatando sus saberes y conocimientos tradicionales, y exaltando la interculturalidad.

## REFERENCIAS

Alarcon Ferrari, C. (2020). Crisis socio ecológicas y educación popular ambiental en el mundo rural: la relevancia de Paulo Freire para los estudios críticos de la comunicación ambiental y la educación para el desarrollo sostenible. *Paulo Freire. Revista De Pedagogía Crítica*, (24), 149-171. <https://doi.org/10.25074/07195532.24.1835>

Gadotti, M. (2002). *Pedagogía de la Tierra*. Siglo XXI Editores.

Calixto, R. (2010). Educación popular ambiental. *Trayectorias*, 12(30), 24-39. <https://www.redalyc.org/pdf/607/60713488003.pdf>

Cevallos, B. y Martínez, X. (2020). Educación Popular, Educación Ambiental y Buen Vivir en América Latina: una experiencia socioeducativa de empoderamiento comunitario. *Quaderns d'animació i educació social*, (30), 1-26. [http://quadernsanimacio.net/ANTERIORES/treinta/index\\_htm\\_files/Educacion%20Popular.pdf](http://quadernsanimacio.net/ANTERIORES/treinta/index_htm_files/Educacion%20Popular.pdf)

García, O. (2020). Educación popular ambiental en contextos de crisis. Orientaciones pedagógicas para transitar las alternativas eco sociales. *Paulo Freire. Revista De Pedagogía Crítica*, (24), 38-55. <https://doi.org/10.25074/07195532.24.1812>

Jara, O. (2018). *La sistematización de experiencias: práctica y teoría para otros mundos políticos*. CINDE.

Leff, E. (2004). *Racionalidad ambiental: la reapropiación social de la naturaleza*. Siglo XXI Editores.

Vamos Pasando: Equipo Pedagógico Latinoamericano. [elcaminantelatino]. (7 de diciembre de 2013). *La escuela campesina: Un proyecto de educación popular* [Archivo de Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uoBUKJGrZM4>

Gisho, A. (2009). Pedagogía Social en América Latina: Legados de Paulo Freire. *Revista Relaciones*. <http://www.chasque.net/frontpage/relacion/0008/r-educacion.htm>

Mejía, M. (2014). La Educación Popular: Una construcción colectiva desde el Sur y desde abajo. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 22, 1-31. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=275031898079>

Santos, B. y Meneses, M. (2015). Epistemologías del Sur. *Revista Española de Investigaciones Sociológicas*, (152), 189-202. [http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS\\_152\\_131444303366331.pdf](http://www.reis.cis.es/REIS/PDF/REIS_152_131444303366331.pdf)

## LA UTILIZACIÓN DE LA PROSPECCIÓN INDIRECTA DURANTE LA CARACTERIZACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS PARA REDUCIR EL VOLUMEN DE SUELO CONTAMINADO A REMEDIAR

*Data de aceite: 01/08/2022*

**José Luis Hernández Michaca**

Geología y Medio Ambiente S.A. de C.V.  
Ciudad de México

**Víctor Manuel Sánchez Granados**

Geología y Medio Ambiente S.A. de C.V.  
Ciudad de México

**RESUMEN:** Es posible dirigir la toma de muestras y análisis por laboratorios acreditados y aprobados con la utilización de técnicas de análisis “in-situ”, a través de equipos analíticos portátiles que suministran datos en tiempo real, durante la investigación exploratoria, ya que permiten la toma de decisiones directamente en el campo. Por otra parte, al incrementarse la densidad de puntos de muestreo se reduce la incertidumbre al momento de interpolar isovalores de concentración con lo que se calculan áreas y volúmenes de suelo contaminado, lo que causará un ahorro significativo del volumen de suelo que tenga que ser intervenido (remediar, disponer como residuo peligroso, entre otros). Se realizó una caracterización en un predio de 22 hectáreas para delimitar la contaminación por plomo en el suelo y la reducción de volumen que se logró involucrando 376 puntos de muestreo analizados con el equipo de campo XRF fue del 51.50%, que significó un ahorro para el responsable del pasivo ambiental de más de 50 millones de pesos.

**ABSTRACT:** It is possible to guide the sampling and analysis by accredited and approved

laboratories, through the use of techniques “in-situ”, with the use of portable analytical equipment that provides data in real time during the exploratory investigation, since they allow the taking of decisions directly in the field. On the other hand, increasing the density of sampling points reduces the uncertainty of interpolating concentration iso-values and calculating areas and volumes of contaminated soil, resulting in a significant saving in the volume of soil that requires treatment (remediate, dispose as hazardous waste, or others). A characterization was carried out in an area of 22 hectares with the objective of delimiting the contamination by lead in the soil and reducing the volume, through 376 sampling points analyzed with the XRF field equipment, the reduction was of 51.50%, which meant a saving of more than 50 million pesos.

### INTRODUCCIÓN

Para optimizar recursos en la prospección de suelos potencialmente contaminados se realiza una investigación por fases, partiendo de la recopilación de datos relevantes sobre el origen de la contaminación y los procesos allí desarrollados a lo largo del tiempo; mediante etapas sucesivas de muestreo y análisis, en las que cada etapa constituye la base para el diseño de la siguiente, hasta llegar a caracterizar, delimitar y cuantificar la contaminación existente. De esta forma, la metodología normalmente utilizada se apoya en las siguientes fases (IHOBE, 1994):

## Inspección preliminar

Se basa en un estudio histórico o de investigación del derrame en casos de emergencias, además de un reconocimiento del terreno, que tiene como objetivo confirmar los indicios que puedan indicar una posible contaminación del suelo.

## Investigación exploratoria

Su objetivo fundamental es confirmar la hipótesis de contaminación, así como proporcionar datos relevantes que permitan el diseño óptimo de la siguiente fase de investigación (Plan de Muestreo). Y sus alcances son los siguientes:

- Determinar la presencia de contaminación. Establecer la lista de contaminantes, facilitando para cada uno de ellos unos valores aproximados de concentración media y de heterogeneidad de la distribución espacial.
- Distinguir subáreas o estratos diferenciables dentro de la zona de estudio.

## Investigación detallada

Cuando la concentración de algunos de los contaminantes detectados supera niveles establecidos de referencia, se procede a una investigación más detallada, cuyo objetivo es el de recabar la información necesaria en cuanto a caracterización y distribución espacial de la contaminación para una evaluación y valoración de riesgos.

En esta investigación por fases, la metodología de prospección establece la realización de una serie de campañas sucesivas de muestreos superficiales de suelos y realización de sondeos para la toma de muestras más profundas, seguido de análisis químicos de las muestras en laboratorios acreditados por la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) y aprobados por la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Es posible dirigir la toma de muestras y análisis por laboratorios acreditados y aprobados, con la utilización de técnicas modernas de análisis “in-situ”, a través de equipos analíticos portátiles que suministran datos en tiempo real, durante la investigación exploratoria, ya que permiten la toma de decisiones, directamente en el campo, y reduce considerablemente el tiempo necesario para la realización del proyecto.

Adicionalmente, la obtención de un mayor número de puntos de análisis “in-situ” reduce la incertidumbre entre muestras analizadas por laboratorios acreditados y aprobados, resultados analíticos que acepta la autoridad para el cálculo el volumen contaminado a remediar.

## METODOLOGÍA

Los análisis “in-situ” permiten un muestreo que tiene por objetivo la detección de anomalías o selección de áreas de interés, así como la toma de decisiones directamente en el campo, en función de los datos obtenidos. La utilización de estos equipos es

particularmente interesante en los estudios preliminares de caracterización, ya que en esta fase es donde será verdaderamente útil, debido a que permitirá obtener suficientes datos de alta confiabilidad, para seleccionar, directamente en el campo, las zonas donde será necesario realizar muestreos detallados para enviar las muestras a analizar a laboratorios acreditados y aprobados.

El uso de una tecnología analítica “in situ” de campo reduce los costos al analizar de forma muy rápida, un mayor número de muestras individuales, obteniendo una mejor distribución espacial de los contaminantes, directamente en el terreno, sin necesidad de esperar a los resultados de laboratorio. Por otra parte, dado que la distribución de metales en los suelos tiende a ser heterogénea, la gran cantidad de datos puntuales que se pueden obtener utilizando técnicas analíticas “in-situ”, pueden suministrar de una forma rápida, precisa y económica, la delimitación de la contaminación, con una buena definición. Es importante mencionar que estas técnicas, para que sean verdaderamente útiles, requieren un mayor conocimiento del origen de la contaminación y de los tipos de contaminantes presentes en el mismo, para seleccionar la técnica analítica más adecuada. Es muy importante el conocimiento de las características geológicas e hidrogeológicas del sitio, para conocer las posibles interferencias y evaluar el potencial uso de los equipos analíticos. También se requiere de una mayor capacitación para el personal que maneja los equipos en el campo, debido a que el uso efectivo de los resultados analíticos necesita que el personal tenga experiencia en la caracterización y cuantificación de la contaminación en los suelos, ya que en función de estos datos que se van obteniendo se deben tomar decisiones, directamente en el campo, que pueden influir de forma notable en el desarrollo del trabajo.

Los análisis “in-situ” a través de técnicas de fluorescencia de rayos X no requieren una recolección física de las muestras. El equipo analítico se sitúa directamente sobre el suelo y realiza directamente el análisis, sin necesidad de ningún tipo de movilización ni preparación del suelo. Cuando se utilizan tecnologías analíticas “in situ”, solamente se pueden analizar muestras individuales del suelo, que es la porción de éste sobre la que se sitúa el equipo. Las técnicas analíticas “in-situ” tampoco permiten archivar la muestra para posteriores análisis. Estas técnicas presentan una mayor dificultad para la homologación de los datos por los organismos competentes, y además la aceptación de los datos será dependiente de las comparaciones con análisis realizados en laboratorios acreditados y aprobados.

La precisión de los resultados, si bien son dependientes de las características físicas y químicas del suelo e interferencias espectrales, es suficientemente buena para las tareas para las que está enfocada, como son las fases iniciales de prospección, y en muchos casos también es suficiente confiables para fases de cuantificación y monitoreo.

Por otra parte, considerando la rapidez con la que se obtienen los resultados con las técnicas analíticas “in-situ” y que son de un menor costo que los análisis con un laboratorio acreditado y aprobado, se puede invertir en una cantidad considerablemente mayor de

análisis “in-situ” en comparación con el número de puntos de muestreo establecidos normativamente, para reducir la incertidumbre al momento de interpolar isovalores de concentración con lo que se calculan áreas y volúmenes de suelo contaminado; es decir, habrá mayor densidad de valores confiables en un área, lo que causará un ahorro significativo del volumen de suelo que tenga que ser intervenido (remediar, disponer como residuo peligroso, entre otros).

## RESULTADOS

Se realizó una caracterización en un predio de 22 hectáreas para delimitar la contaminación por plomo en el suelo.

La identificación de metales en campo se realizó con un analizador portátil de FRX que es un espectrómetro de fluorescencia de rayos X en energía dispersa, para analizar de forma rápida y precisa la composición elemental de cualquier material en estado sólido. Su fundamento se basa en que cada elemento de manera individual, produce su propio set de energía (KeV) característica para sí mismo. Al impactar una muestra con rayos X, los espectros de líneas de rayos X son el resultado de transiciones electrónicas que implican a los orbitales atómicos más internos. Las series K de longitud de onda más corta se producen cuando los electrones de más energía que provienen del cátodo arrancan electrones de los orbitales más cercanos al núcleo del átomo del blanco. Las muestras que se excitan con radiación de un tubo de rayos X se recuperan a continuación sin ningún cambio. Los elementos y su respectivo contenido son registrados en un espectrograma

El analizador XRF utilizado puede determinar la concentración de once de los doce metales establecidos en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio). Este tipo de analizadores portátiles de FRX ofrecen análisis no destructivos y rápidos de la composición elemental en unidades desde partes por millón hasta el 100%.

Para 22 hectáreas, la norma mexicana NMX- AA-132-SCFI-2016 establece como número mínimo de puntos de muestreo 55, considerando la tabla 2 (muestreo de detalle) de esta norma. Para ubicar estos 55 puntos se utilizó el método dirigido como el sistema para la distribución de los puntos de muestreo, el cual se basa en el conocimiento de la causa de la contaminación y su posible evolución, sin ninguna aleatoriedad. La condición para el uso adecuado de este método es conocer física e históricamente el sitio, o generar por métodos indirectos este conocimiento (Apéndice A, NMX- AA-132-SCFI-2016).

Como ya se menciona, se utilizó un analizador XRF como el método indirecto para dirigir los puntos de muestreo cuyas muestras analizó el laboratorio acreditado y aprobado.

Para el analizador XRF se ubicaron 376 puntos de muestreo, con lo que se incrementó la densidad de éstos en el predio evaluado y se redujo la incertidumbre al momento de configurar isovalores y en consecuencia en el cálculo de volúmenes y áreas.

En la Figura 1, se puede observar la diferencia entre la configuración de isovalores de únicamente los 55 puntos de muestreo que establece la norma mexicana NMX- AA-132-SCFI-2016 y cuyas muestras se analizaron con un laboratorio acreditado y aprobado, con la configuración de isovalores de estos 55 puntos más los 376 puntos analizados con el analizador XRF.

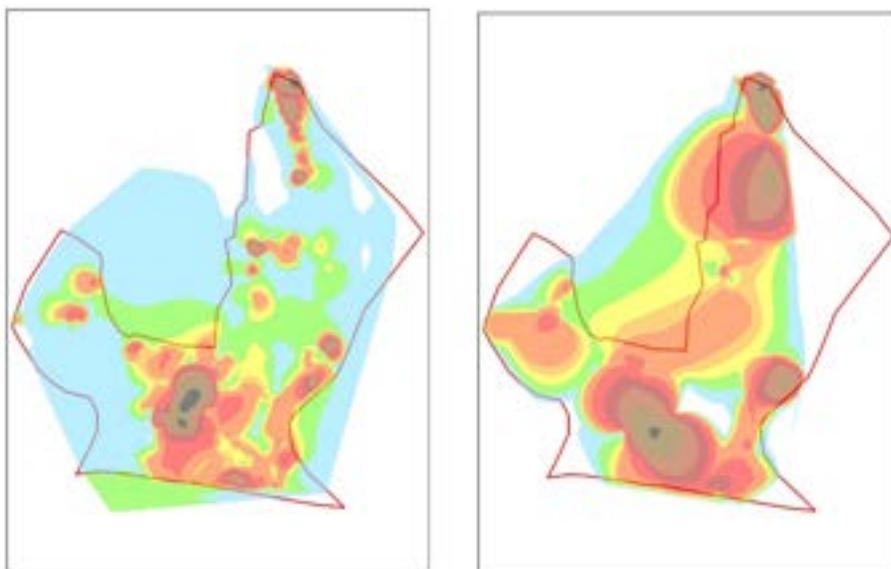


Figura 1. Del lado izquierdo se presenta la configuración de isovalores de únicamente los 55 puntos de muestreo y del lado derecho la configuración de isovalores de estos 55 puntos más los 376 puntos analizados con el analizador XRF

Con los 55 puntos de muestreo se calculó un volumen de suelo contaminado a intervenir de 35,112.00 m<sup>3</sup>, y con los 376 datos de concentración del analizador XRF más los 55 puntos de muestreo con análisis de laboratorio acreditado y aprobado, el volumen calculado fue de 17,030.00 m<sup>3</sup>; es decir, una reducción del volumen del 51.50%.

Económicamente, esta reducción de volumen representa un monto no erogado de más de 50 millones de pesos.

## CONCLUSIONES

Dentro de las técnicas analíticas de campo, los analizadores de fluorescencia de rayos X presentan, para las fases de caracterización y delimitación de anomalías, una alternativa eficaz frente a los métodos analíticos convencionales, tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Se realizó una prospección indirecta en un predio con un pasivo ambiental con plomo, realizando mediciones “in-situ” de metales con un analizador portátil de difracción

de rayos X, lo que permitió identificar las zonas contaminadas y las que no presentaban contaminación, con lo que se pudo dirigir el muestreo y análisis con un laboratorio acreditado y aprobado.

Por otra parte, la densidad de puntos analizados en el predio evaluado se incrementó con las mediciones del analizador XRF, lo que redujo la incertidumbre para configurar isovalores y en consecuencia las áreas y volúmenes calculados fueron más cercanos a la realidad.

La reducción de volumen que se logró involucrando los 376 puntos de muestreo analizados con el equipo de campo XRF fue del 51.50%, que significó un ahorro para el responsable del pasivo ambiental de más de 50 millones de pesos.

Este tipo de estrategias donde se logra una reducción o ahorro en la remediación de un sitio contaminado, puede provocar que muchos de los responsables de sitios que están contaminados y no se han atendido por el alto costo que representa remediarlos a condiciones seguras para el ambiente y la salud humana, puedan realizar el saneamiento del sitio en tiempos más cortos.

## REFERENCIAS

IHOBE. 1994. Guía metodológica de estudio histórico y diseño de muestreo. Gobierno Vasco. 68 pp

NMX-AA-132-SCFI-2016. Muestreo de Suelos para la Identificación y la Cuantificación de Metales y Metaloides, y Manejo de la Muestra.

NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio

# CAPÍTULO 5

## IMPACTOS DE XENOBIÓTICOS SOBRE AS RESPOSTAS IMUNOLÓGICAS DE ABELHAS

Data de aceite: 01/08/2022

Data de submissão: 06/07/2022

### **Fernando Henrique Boaventura de Melo**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Agronomia  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/3858015372572475>

### **Valéria Wanderley Teixeira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Morfologia e Fisiologia  
Animal  
Recife-PE  
Orcid: 0000-0001-9533-5476

### **Claudio Augusto Gomes da Camara**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Química  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/5615678215435460>

### **Álvaro Aguiar Coelho Teixeira**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Morfologia e Fisiologia  
Animal  
Recife-PE  
Orcid: 0000-0001-5940-9220

### **Glaucilane dos Santos Cruz**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Agronomia  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/3795270436231657>

### **Catiane Oliveira Souza**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Agronomia  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/5156282820589894>

### **Vaneska Barbosa Monteiro**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Agronomia  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/8583960034442631>

### **Marcilio Martins de Moraes**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Química  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/6957579091162269>

### **Ismaela Maria Ferreira de Melo**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Morfologia e  
Fisiologia Animal  
Recife-PE  
Orcid: 0000-0002-4150-1923

### **Darcllet Teresinha Malerbo-Souza**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
<http://lattes.cnpq.br/3266223126925865>

### **Júlio César dos Santos Nascimento**

Universidade Federal Rural de Pernambuco,  
Departamento de Zootecnia  
Recife-PE  
Orcid: 0000-0003-3107-5876

**RESUMO:** As abelhas são insetos que cumprem um papel ecossistêmico importante no que se refere à reprodução e biodiversidade de plantas. Mesmo assim, nos últimos anos tem se observado o declínio generalizado desses polinizadores. A perda desses animais é causada devido a interação simultânea de diversos fatores estressores, um deles está relacionado a exposição das abelhas aos resíduos de xenobióticos utilizados no controle de pragas. Esses compostos podem afetar desde as barreiras físicas de proteção como também as defesas celulares e humorais desses insetos que possuem um mecanismo imune complexo baseado no indivíduo e na colônia (respostas imunes sociais). Compreender a dinâmica do sistema imunológico das abelhas frente a essas substâncias auxilia na compreensão de como os xenobióticos estão afetando o declínio de abelhas, e assim, beneficia o desenvolvimento de políticas de proteção para esses organismos que são vitais ao equilíbrio do ecossistema. Pensando nisso, foi elaborada uma revisão de literatura entre o período de fevereiro a maio, tendo como temática o impacto de xenobióticos sobre a saúde de abelhas. A seleção dos artigos científicos utilizados foi realizada por meio de banco de dados como Scielo, Google acadêmico, Science direct, PubMed, Periódicos da Capes e Web Science. Portanto, esta pesquisa tem o intuito de reunir informações relevantes sobre o funcionamento do sistema imunológico de abelhas frente aos xenobióticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Declínio de Polinizadores, Abelhas, Xenobióticos, Imunologia.

## IMPACTS OF XENOBIOTICS ON THE IMMUNOLOGICAL RESPONSES OF BEES

**ABSTRACT:** Bees are insects that play an important ecosystem role in terms of plant reproduction and biodiversity. Even so, in recent years there has been a general decline of these pollinators. The loss of these animals is caused due to the simultaneous interaction of several stressors, one of which is related to the exposure of bees to xenobiotic residues used in pest control. These compounds can affect from the physical barriers of protection as well as the cellular and humoral defenses of these insects that have a complex immune mechanism based on the individual and the colony (social immune responses). Understanding the dynamics of the bee's immune system against these substances helps to understand how xenobiotics are affecting the decline of bees, and thus, benefits the development of protection policies for these organisms that are vital for the balance of the ecosystem. With this in mind, a literature review was prepared between the period from February to May, having as a theme the impact of xenobiotics on the bees's health. The selection of the scientific articles used was carried out through databases such as Scielo, Google academic, Science direct, PubMed, Capes Periodicals and Web Science. Therefore, this research aims to gather relevant information about the functioning of the immune system of bees against xenobiotics.

**KEYWORDS:** Decline of Pollinators, Bees, Xenobiotics, Immunology.

## 1 | MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo compreende uma revisão de literatura realizada entre os meses de fevereiro a maio de 2022, onde a bibliografia utilizada partiu de um recorte temporal entre 1963 a 2022. Foram usados estudos acadêmicos já existentes, boletins de empresas,

artigos em jornais de grande circulação, agências públicas e privadas. A seleção dos artigos científicos foi realizada por meio de banco de dados como Scielo, Google acadêmico, Science direct, Pubmed, Periódicos da Capes e Web Science. A busca foi realizada com emprego de nomenclaturas utilizadas por profissionais das ciências agrárias, ambientais e ecológicas em português e inglês.

## 2 | INTRODUÇÃO

Durante milhões de anos as abelhas coevoluíram com as plantas. São protagonistas no processo de polinização e se relacionam diretamente com as flores e outras partes específicas. Esses herbívoros especializados causam pouco ou nenhum dano aos hospedeiros; existindo um benefício mútuo entre reinos, onde é relatado aproximadamente 20 mil espécies, entre elas solitárias e sociais, que se relacionam com mais de 100 mil espécies botânicas (MICHENER, 2000; ORR *et al.*, 2021). Além do pólen e néctar, são coletados óleos florais viscosos, resinas e aromas de determinadas espécies vegetais (SIPES & TEPEDINO, 2005; DANFORTH, 2007). Elas polinizam aproximadamente 80% das plantas cultivadas e embora exista a necessidade de mais estudos para quantificar a relação com as plantas silvestres, estima-se que estão associadas com 90% das angiospermas (DANFORTH, 2007; RAIZA ABATI *et al.*, 2021).

Apesar do valor desses himenópteros para o equilíbrio de funções ecossistêmicas, nos últimos anos diversos fatores estão sendo relatados como causadores de um declínio abrupto observado em populações de todos os continentes (SOUZA *et al.*, 2021). Um dos principais agentes estressores que podem ser citados são o uso indiscriminado de químicos sintéticos e naturais utilizados na indústria agrícola, com estudos focados principalmente nos agrotóxicos sintetizados, talvez pela grande geração de resíduos que levam a modificações na comunidade de espécies de uma região ou até mesmo pela crença equivocada de que os produtos naturais não são prejudiciais ao ambiente (GONG & DIAO, 2016; ISMAN, 2020).

Uma cientometria desenvolvida por RAIZA ABATI *et al* (2021) demonstra que a partir de 2006 houve um aumento progressivo da média de citações de trabalhos cuja temática envolvia os impactos de agroquímicos sobre as abelhas, com uma elevação brusca das publicações a datar de 2010. Este contexto foi estabelecido, em parte, devido ao distúrbio do colapso das colônias (CCD) documentado pela primeira vez na América do Norte, que deixou um forte alerta para a ciência e a comunidade direcionado a conservação desses polinizadores (SOUZA *et al.*, 2021).

Os insetos possuem barreiras mecânicas e fisiológicas contra os xenobióticos, porém as espécies podem apresentar respostas distintas a cada substância (MAYACK *et al.*, 2022), logo, entender a dinâmica das abelhas frente a esses compostos auxilia na compreensão de como os pesticidas estão afetando o declínio de colônias, e assim ajuda

a desenvolver políticas de proteção. Portanto, este trabalho tem por objetivo fornecer uma revisão de literatura que reúna informações sobre a atividade imunológica de abelhas expostas a xenobióticos.

### 3 | RESPOSTAS IMUNOLÓGICAS DOS INSETOS

Xenobiótico é todo composto estranho capaz de causar reações adversas no organismo (GALLO, 2008). Existem aqueles que são sintetizados em laboratório, fazendo parte desses produtos os inseticidas, herbicidas, fungicidas, acaricidas, e outros cuja principal função é a prevenção ou controle das pragas. São moléculas eficazes e em grande parte com um grau de segurança. Contudo, a constante aplicação inadequada com superdosagens, tem favorecido o desenvolvimento de populações de insetos pragas resistentes, causando, desta forma, um grande acúmulo de resíduos em ambientes rurais e urbanos, podendo contribuir como um dos fatores responsáveis para a mortalidade das abelhas (HRYNKO *et al.*, 2021).

Os xenobióticos naturais podem ser extratos ou óleos essenciais obtidos de diversas espécies de plantas, e são produzidos via metabolismo secundário dos vegetais. São misturas complexas de moléculas, que exercem a função de defesa nas plantas contra artrópodes pragas e patógenos; além de cumprir um importante papel em processos reprodutivos, através da produção de substâncias voláteis atrativas a polinizadores e animais que propagam sementes (REGNAULT-ROGER *et al.*, 2012).

Esses produtos naturais são alvo de estudos com a pretensão de empregá-los no manejo de insetos praga, porém as pesquisas até o momento são limitadas na compreensão de como essas substâncias afetam os indivíduos não alvo, tais como os inimigos naturais e os polinizadores, principalmente no que diz respeito a possíveis impactos nas respostas fisiológicas desses animais (ISMAN, 2006).

A primeira barreira de defesa dos insetos contra essas moléculas estranhas, como também contra os microrganismos patogênicos e inimigos naturais, é composta pelo tegumento (estrutura e composição da cutícula), o sistema respiratório e o digestório (matriz peritrófica e o epitélio). A imunidade natural desses artrópodes é constituída por uma série de mecanismos, a começar pelas reações de reconhecimento, sendo esta uma habilidade essencial para o sistema imunológico de qualquer organismo (DUNN, 1986; CHAPMAN, 2013).

A ativação da cascata pro-fenoloxidase é um dos mediadores no processo de reconhecimento da partícula estranha, onde compostos fenólicos encontrados na hemolinfa e na cutícula são oxidados através da catalização da enzima fenoloxidase, cujo produto final da reação é a melanina que está envolvida na esclerotização da cutícula, cicatrização de feridas e defesas imunológicas dos insetos (ASHIDA *et al.*, 1983; BROOKMAN *et al.*, 1989; ROWLEY *et al.*, 1990; MARMARAS *et al.*, 1993; LEE *et al.*, 1999; SILVA *et al.*, 2000).

O óxido nítrico é uma molécula gasosa extremamente instável e reativa (ALDERTON *et al.*, 2001) que também faz parte de diversos mecanismos do sistema imunológico e exerce a função de sinalização facilitada pela sua alta permeabilidade entre as membranas celulares, se tornando um transmissor de informações eficiente. Ele também demonstra atividade citotóxica e ajuda na ativação e formação do encapsulamento e nodulação, e possui alta atividade no sistema adiposo e hemocele (RIVERO, 2006; SADEKUZZAMAN *et al.*, 2018).

Os insetos se protegem por meio de defesas humorais e celulares. A primeira resposta é proporcionada por proteínas solúveis presentes na hemolinfa, que demoram cerca de horas ou dias para expressão total. Em muitos casos essas moléculas proteicas apresentam propriedades antimicrobianas, isso pode ser exemplificado pela síntese de peptídeos antibacterianos em grupos de lepidópteros, dípteros e alguns coleópteros induzidos por injeções de bactérias ou mesmo devido a ferimentos (COCIANCICH *et al.*, 1994).

A fagocitose, o encapsulamento e a formação de nódulos são mediados pela melanização e fazem parte das defesas celulares através da atuação dos hemócitos presentes na hemocele, algumas células hemocitárias são os granulócitos, os plasmátocitos, adipohemócitos, esferulócitos, entre outras. Elas circulam livremente na hemolinfa, porém migram rapidamente para o local de infecção quando ocorre a contaminação e possivelmente fagocitam os compostos estranhos ou patógenos (SILVA *et al.*, 2000; RUSSO *et al.*, 2001; SILVA *et al.*, 2002). Os plasmátocitos são os primeiros hemócitos que agem no local contaminado sendo responsáveis pela fagocitose, na sequência os granulócitos mediam a formação de nódulos para imobilização e remoção de circulação das partículas estranhas. Caso a fagocitose ou o isolamento em nódulos não sejam capazes de deter a infecção, os insetos também podem se defender pela formação de cápsulas através dos plasmátocitos (STRAND & PECH, 1995). Dentro dessas estruturas os patógenos podem morrer por asfixia ou pela concentração de substâncias tóxicas (SILVA *et al.*, 2002).

#### 4 | RESPOSTA IMUNOLÓGICA DE ABELHAS FRENTE A XENOBIÓTICOS

A imunidade das abelhas é estruturada a nível individual e social. O sistema imune social está associado a mecanismos complexos tais como o comportamento específico de higienização sobre a colônia, por exemplo, a glicose oxidase (GOX) que é expressa principalmente nas glândulas hipofaríngeas, e tem a função de catalisar a reação de oxidação de  $\beta$ -D-glicose com propriedades antissépticas como o peróxido de hidrogênio. A esterilização do alimento da colmeia decorre da secreção dos produtos antissépticos no substrato da larva e no mel, assim, a atividade de GOX previne a contaminação das abelhas a nível de grupo (WHITE *et al.*, 1963; OHASHI *et al.*, 1999).

Como resposta imune individual, as substâncias tóxicas podem ser metabolizadas

pelos insetos através de enzimas como as esterases, glutathione S-transferase e as monooxigenases da família citocromo P450, logo, elas também são responsáveis pelo desenvolvimento da resistência metabólica em insetos. Em abelhas, o citocromo P450 atua, por exemplo, na desintoxicação efetiva dos neonicotinóides do grupo ciano (IWASA *et al.*, 2004), porém o mesmo não ocorre com os do grupo nitro (SUCHAIL *et al.*, 2004), o que demonstra que essa interação entre inseticidas e enzimas desintoxicadoras são dinâmicas e precisam ser analisadas para cada produto.

Outro fator que pode influenciar negativamente o metabolismo dessas moléculas é o sinergismo entre compostos que aumentam a toxicidade em abelhas, como demonstrado por ZHU *et al.* (2017) onde o fungicida Domark (tetraconazol), inibidor da via metabólica, teve efeito sinérgico e aumentou significativamente a toxicidade do inseticida Advise (imidaclopride) sobre as abelhas. Eles também observaram que a sinergia entre compostos pode alterar a imunidade dos indivíduos impactando na enzima fenoloxidase, onde a interação entre Advise+Vydate (carbamato) ocasionou sua redução.

Em comparação aos insetos solitários, as abelhas dispõem de apenas um terço do número de genes relacionados a resposta imune que se é conhecido (EVANS *et al.*, 2006), e o trabalho de ALAUX *et al.* (2010a) com *Apis mellifera* Linnaeus sugere que elas investem mais recursos na imunidade social em detrimento da individual. Desta forma, as abelhas podem ser consideradas mais sensíveis ao contato com os xenobióticos durante o forrageamento, além disso, estudos já demonstram a contaminação das abelhas através de doses subletais de resíduos de pesticidas nas colmeias, logo, toda a colônia é afetada (MOTTA *et al.*, 2020).

A exposição a multifatores estressores é a hipótese mais aceita para explicar o declínio desses polinizadores (SOUZA *et al.*, 2021), neste sentido, na tentativa de simular o cenário que é encontrado no campo, ALAUX *et al.* (2010b) mostraram que abelhas *A. mellifera* tendem a ter um maior investimento na imunidade social quando expostas ao fungo entomopatogênico *Nosema*, que é utilizado no Manejo Integrado de Pragas, em associação com o inseticida imidaclopride. A contaminação por ambos estressores levou a maior mortalidade das abelhas, porém não alterou os níveis de fenoloxidase ou a contagem total de hemócitos quando comparado aos tratamentos de controle, apenas na contaminação com o fungo, ou ainda somente o imidaclopride, interferiu nos teores de GOX. Esses resultados sugerem um trade-off entre imunidade social e individual, e corrobora com a hipótese que se as respostas imunes sociais forem menos custosas e mais eficazes para a defesa, então a pressão seletiva irá favorecer a imunidade coletiva (CREMER *et al.*, 2007).

Os xenobióticos, sejam sintéticos ou naturais, também podem exercer influência sobre processos fisiológicos a nível celular. O aumento do estresse oxidativo, por exemplo, pode ser desencadeado pela exposição a pesticidas (ALBURAKI *et al.*, 2017) e é ocasionado pela incapacidade dos mecanismos antioxidantes naturais do organismo lidarem com a

produção excessiva de Espécies Reativas de Oxigênio (ERO) e Nitrogênio (ERN) (VELKI *et al.*, 2010; NISHIDA, 2011). Os danos oxidativos gerados por ERO e ERN são preocupantes por ocasionar danos em estruturas fundamentais das células e tecidos levando a uma morte celular programada ou não, chamada de apoptose ou necrose, respectivamente (JABŁOŃSKA-TRYPUĆ, 2017; ALI *et al.*, 2018).

As abelhas são expostas constantemente a doses subletais de pesticidas, e há relatos sobre as consequências da apoptose instigada por essa exposição, os efeitos podem ser vistos em danos celulares no intestino médio, gônadas ou até mesmo a degeneração neuronal no cérebro (GREGORC & BOWEN, 2000; WU *et al.*, 2015; GREGORC *et al.*, 2018).

O estresse oxidativo elevado atinge negativamente as abelhas a nível individual, no entanto, esse efeito generalizado pode ser repercutido sobre a colmeia levando ao declínio da colônia (PERRY *et al.*, 2015). Outro radical importante que acaba se tornando deletério em decorrência do estresse oxidativo é o óxido nítrico. O mecanismo de produção do óxido nítrico nos insetos é ativado imediatamente após o contato com as substâncias tóxicas. As células ativam o gene para a síntese do óxido nítrico, assim, se inicia sua produção em elevadas concentrações se tornando tóxico para própria célula, logo, essa síntese é regulada de forma tardia para alcançar a eficácia na ação de desintoxicação sem acompanhar o efeito tóxico ou deletério sobre o tecido celular do animal (SADEKUZZAMAN *et al.*, 2018).

Os xenobióticos são capazes de alterar a regulação dos níveis de óxido nítrico, BARTLING *et al.* (2021), por exemplo, utilizaram marcadores de níveis gerais de estresse oxidativo em *A. mellifera* e quantificaram as elevações desse radical livre em abelhas expostas a um inseticida (tiaclopride), um herbicida (pendimetalina), dois fungicidas (fludioxonil e dimoxistrobina) e um patógeno (*Pseudomonas entomophila*), e como consequência, todos os agentes estressores diminuíram o tempo de vida, a saúde e o fitness desses insetos.

Sabe-se ainda que os xenobióticos tem implicações sobre a capacidade de proliferação celular do organismo. O epitélio do intestino médio das abelhas, por exemplo, é preservado devido a proliferação de células-tronco durante toda sua vida, e FORKPAH *et al.* (2014) mostraram que diversos xenobióticos (colchicina, metoxifenzolida, tetraciclina e uma combinação de coumafós+tau-fluvalinato) influenciaram negativamente na taxa de proliferação dessas células em *A. mellifera*. O contexto social que essas abelhas estão inseridas, ou seja, o compartilhamento do mesmo recurso/substrato faz com que haja uma contaminação coletiva, resultando no enfraquecimento da colônia.

## 5 | CONCLUSÃO

Diante do exposto, entende-se que os xenobióticos podem afetar os processos

fisiológicos e imunológicos das abelhas de diversas formas, e entende-los é crucial para a confirmação da segurança de que um xenobiótico usado para o controle de pragas não será seletivo aos organismos não alvos.

## REFERÊNCIAS

- ABATI, R.; SAMPAIO, A. R.; MACIEL, R. M. A.; COLOMBO, F. C.; LIBARDONI, G.; BATTISTI, L.; LOZANO, E. R.; GHISI, N. C.; COSTA-MAIA, F. M.; POTRICH, M. **Bees and pesticides: the research impact and scientometrics relations**. Environ. Sci. Pollut. Res., v. 28, p. 32282-32298, 2021.
- ALAUX, C.; BRUNET, J. L.; DUSSAUBAT, C.; MONDET, F.; TCHAMITCHAN, S.; COUSIN, M.; BRILLARD, J.; BALDY, A.; BELZUNCES, L. P.; LE C. Y. **Interactions between Nosema microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*)**. Environ. Microbiol., v. 12, p. 774-82, 2010b.
- ALAUX, C.; DUCLOZ, F.; CRAUSER, D.; LE C. Y. **Diet effects on honeybee immunocompetence**. Biol. Lett., v. 6, p. 562–565, 2010a.
- ALBURAKI, M.; STECKEL, S. J.; CHEN, D.; MCDERMOTT, E.; WEISS, M.; SKINNER, J. A.; KELLY, H.; LORENZ, G.; TARPY, D. R.; MEIKLE, W. G.; ADAMCZYK, J.; STEWART, S. D. **Landscape and pesticide effects on honey bees: forager survival and expression of acetylcholinesterase and brain oxidative genes**. Apidologie., v. 48, p. 556–571, 2017.
- ALDERTON, W. K.; COOPER, C. E.; KNOWLES, R. G. **Nitric oxide synthases: structure, function and inhibition**. Biochem., v. 357, p. 593–615, August 2001.
- ALI, D.; TRIPATHI, A.; ALI, H. A.; SHAHI, Y.; MISHRA, K. K.; ALARIFI, S.; ALKAHTANE, A. A.; MANOHARDAS, S. **ROS-dependent Bax/Bcl2 and caspase 3 pathway-mediated apoptosis induced by zineb in human keratinocyte cells**. Onco Targets Ther., v. 11, p. 489-497, 2018.
- ASHIDA, M.; ISHIZAKI, Y.; IWAHANA, H. **Activation of pro-phenoloxidase by bacterial cell wall or b-1,3-gulcans in plasma of the silkworm, *Bombyx mori***. Biochem. Biophys. Res. Commun., v. 113, p. 562-564, 1983.
- BARTLING, M. T.; THÜMECKE, S.; RUSSERT, J. H. **Exposure to low doses of pesticides induces an immune response and the production of nitric oxide in honeybees**. Sci Rep., v. 11, p. 6819, 2021.
- BROOKMAN, J. L.; ROWLEY, A. F.; RATCLIFFE, N. A. **Studies on nodule formation in locust following injection of microbial products**. J. Invertebr. Pathol., v. 53, p. 315-323, 1989.
- COCIANCICH, S.; BULET, P.; HETRU, C.; HOFFMANN, J. A. **The inducible antibacterial peptides of insects**. Parasitol. Today., v. 10, p. 132-139, 1994.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. Cambridge University Press., p. 929. 2013.
- CREMER, S.; ARMITAGE, S. A.; SCHMID-HEMPEL, P. **Social immunity**. Curr. Biol., v. 17, p. 693–702, 2007.
- DANFORTH, B. **Bees**. Current Biology., v. 17 N° 5 R.156, 2007.

DUNN, P. E. **Biochemical aspects of insect immunity**. Annu. Rev. Entomol., v. 31, p. 321-339, 1986.

EVANS, J. D.; ARONSTEIN, K.; CHEN, Y. P.; HETRU, C.; IMLER, J. L.; JIANG, H.; KANOST, M.; THOMPSON, G. J.; ZOU, Z.; HULTMARK, D. **Immune pathways and defence mechanisms in honey bees *Apis mellifera***. Insect Mol. Biol., v. 15, p. 645-656, 2006.

FORKPAH, C.; DIXON, L. R.; FAHRBACH, S. E.; RUEPELL, O. **Xenobiotic Effects on Intestinal Stem Cell Proliferation in Adult Honey Bee (*Apis mellifera* L) Workers**. PLoS ONE., v. 9, e91180, 2014.

GALLO, M. A. **History and scope of toxicology**. Unit 1 General principles of toxicology. Copyright © By The McGraw-Hill Companies 2008.

GONG, Y.; DIAO, Q. **Current knowledge of detoxification mechanisms of xenobiotic in honey bees**. Springer Science Business. 2016.

GREGORC, A.; ALBURAKI, M.; RINDERER, N.; SAMPSON, B.; KNIGHT, P. R.; KARIM, S.; ADAMCZYK, J. **Effects of coumaphos and imidacloprid on honey bee (Hymenoptera: Apidae) lifespan and antioxidant gene regulations in laboratory experiments**. Sci Rep., v.8 p. 15003, PMID: 30301926, 2018.

GREGORC, A.; BOWEN, I. D. **Histochemical characterization of cell death in honeybee larvae midgut after treatment with Paenibacillus larvae, Amitraz and Oxytetracycline**. Cell Biol Int., v. 24, p. 319–324, 2000.

HRYNKO, I.; KACZYŃSKI, P.; ŁOZOWICKA, B. **A global study of pesticides in bees: QuEChERS as a sample preparation methodology for their analysis – Critical review and perspective**. Sci Total Environ., Volume 792, 2021.

ISMAN, M. B. **Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world**. Annu. Rev. Entomol., v. 51: p. 45–66. 2006.

ISMAN, M. B. **Botanical Insecticides in the Twenty-First Century – Fulfilling their promise?**. Annu. Rev. Entomol., v. 65: p. 233. 2020.

IWASA, T.; MOTOYAMA, N.; AMBROSE, J. T.; ROE, M. R. **Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera***. Crop Protect., v. 23 p. 371±378, 2004.

JABŁOŃSKA-TRYPUĆ, A. **Pesticides as Inducers of Oxidative Stress**. React Oxyg Species., v. 3, p. 96–110, 2017.

LEE, H. S.; CHO, M. Y.; LEE, K. M.; KWON, T. H.; LEE, B. L. **The prophenoloxidase of coleopteran insect, *Tenebrio molitor* larvae was activated during cell clump/cell adhesion of insect cellular defense reactions**. FEBS Letter., v. 444, 2-3: p. 255-259, 1999.

MARMARAS, V. J.; BOURNAZOS, S. N.; KATSORIS, P. G.; LAMBROPOULOU, M. **Defense mechanisms in insects: certain integumental proteins and tyrosinase are responsible for non self recognition and immobilization of *Escherichia coli* in the cuticle of developing *Ceratitis capitata***. Arch. Insect Biochem. Physiol., v. 23: p. 169-180, 1993.

MAYACK, C.; MACHERONE, A.; ZAKI, A. G.; FILIZTEKIN, E.; ÖZKAZANÇ, B.; KOPERLY, Y.; SCHICK, S. J.; EPPLEY, E. J.; DEB, M.; AMBIEL, N.; SCHAFFSNITZ, A. M.; BROADRUP, R. L. **Environmental exposures associated with honey bee health**. Chemosphere., v. 286, Part 3, 131948, 2022.

MICHENER, C. D. **The Bees of the World**. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2000.

MOTTA, E. V. S.; MAK, M.; JONG, T. K.; POWELL, J. E.; O'DONNELL, A.; SUHR, K. J.; RIDDINGTON, I. M.; MORAN, N. A. **Oral or topical exposure to glyphosate in herbicide formulation impacts the gut microbiota and survival rates of honey bees**. Appl Environ Microbiol., v. 86: e 01150-20, 2020.

NISHIDA, Y. **The chemical process of oxidative stress by copper (II) and iron (III) ions in several neurodegenerative disorders**. Monatsh Chem., v.142: p. 375–384, 2011.

OHASHI, K.; NATORI, S.; KUBO, T. A. **Expression of amylase and glucose oxidase in the hypopharyngeal gland with an age-dependent role change of the worker honeybee (*Apis mellifera L.*)**. Eur J Biochem., v. 265: p. 127–133. 1999.

ORR, M. C.; HUGHES, A. C.; CHESTERS, D.; PICKERING, J.; ZHU, C. D.; ASCHER, J. S. **Global Patterns and Drivers of Bee Distribution**. Article. Current Biology., v. 31, p. 451–458, 2021.

PERRY, C. J.; SØVIK, E.; MYERSCOUGH, M. R.; BARRON, A. B. **Rapid behavioral maturation accelerates failure of stressed honey bee colonies**. PNAS., v. 112: p.3427–3432. PMID: 25675508, 2015.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J.; T. **Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world**. Annu Rev Entomol., v. 57: p.405–424. 2012.

RIVERO, A. **Nitric oxide: an antiparasitic molecule of invertebrates**. Trends Parasitol., v. 22, p. 219-225, 2006.

ROWLEY, A. F.; BROOKMAN, J. L.; RATCLIFFE, N. A. **Possible involvement of the prophenoloxidase system of the locust, *Locusta migratoria*, in antimicrobial activity**. Journal Invertebrate Pathology., v. 56: p. 31-38, 1990.

RUSSO, J.; BREHÉLIN, M.; CARTON, Y. **Haemocyte changes in resistant and susceptible strains of *D. melanogaster* caused by virulent and avirulent strains of the parasitic wasp *Leptopilina bouleardi***. Journal Insect Physiology., v. 47: p. 167- 172, 2001.

SADEKUZZAMAN, M.; STANLEY, D.; KIM, Y. **Nitric Oxide mediates insect cellular immunity via Phospholipase A2 activation**. J. Innate Immun., v. 10, p. 70–81. 2018.

SILVA, C. C. A. **Aspectos do Sistema Imunológico dos Insetos**. Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, Brasília, DF., p. 68 - 72, 01 fev. 2002.

SILVA, C.; GARY, B. D.; RAU, M. E. **Interaction of hemocytes and prophenoloxidase system of fifth instar nymphs of *Acheta domesticus* with bacteria**. Developmental Comparative Immunology., v. 24: p. 367-379, 2000.

SIPES, S. D.; TEPEDINO, A. V. J. **Pollenhost specificity and evolutionary patterns of host switching in a clade of specialist bees (*Apoidea: Diadasi*)**. Biol. J. Linn. Soc., v. 86, p. 487–505. 2005.

SOUZA, C. O.; TEIXEIRA, V. W.; TEIXEIRA, A. A. C.; CRUZ, G. S.; GUEDES, C. A.; NASCIMENTO, J. C. S.; TEIXEIRA, C. S. **Consequences of the excessive use of agricultural defensives in bees: one of the probable causes of CCD**. Editora Atena 2021.

SUCHAIL, S.; SOUSA, G.; RAHMANI, R.; BELZUNCES, L. P. **In vivo distribution and metabolisation of 14Cimidacloprid in different compartments of *Apis mellifera* L.** Pest Manag Sci., v. 60: p. 1056±1062, 2004.

STRAND, M. R.; PECH, L. L. **Immunological basis for compatibility in parasitoidhost relationships**. Annual Review Entomology., v. 40: p. 31-56, 1995.

VANNETTE, R. L.; MOHAMED, A.; JOHNSON, B. R. **Forager bees (*Apis mellifera*) highly express immune and detoxification genes in tissues associated with nectar processing**. Scientific Reports., v. 5: p. 16224, 2015.

VELKI, M.; KODRI'K, D.; VEČEŘA, J.; HACKENBERGER, B. K.; SOCHA, R. **Oxidative stress elicited by insecticides: a role for the adipokinetic hormone**. Gen Comp Endocrinol., v. 172: p. 77–84. PMID: 21185291, 2011.

WHITE, J. W. J.; SUBERS, M. H.; SCHEPARTZ, A. I. **The identification of inhibine, antibacterial factor in honey, as hydrogen peroxide, and its origin in a honey glucose oxidase system**. Biochem Biophys Acta., v. 73: p. 57–70, 1963.

WU, Y. Y.; ZHOU, T.; WANG, Q.; DAI, P. L.; XU, S. F.; JIA, H. R. E.; WANG, X. **Programmed Cell Death in the Honey Bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) Worker Brain Induced by Imidacloprid**. J Econ Entomol., 2015.

ZHU, Y. C.; YAO, J.; ADAMCZYK, J.; LUTTRELL, R. **Synergistic toxicity and physiological impact of imidacloprid alone and binary mixtures with seven representative pesticides on honey bee (*Apis mellifera*)**. PLoS ONE., v. 12: e0176837. 2017.

## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA** - Técnico em química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), bacharel em química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), licenciado em Química pela Universidade de Uberaba (2011), em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Docência do Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021) e especialização em Ciências da Natureza e Mercado de Trabalho pela Universidade Federal do Piauí (2022). Mestre (2015), Doutor (2018) e estágio pós-doutoral (2020-2022) em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Atualmente, vem desenvolvendo pesquisa nas seguintes linhas: (i) desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (ii) estudos de monitoramento de Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE); (iii) desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (iv) aplicação de processos oxidativos avançados ( $H_2O_2/UV-C$ ,  $TiO_2/UV-A$  e foto-Fenton entre outros) para remoção de CPE em efluentes provenientes de estação de tratamento de esgoto para fins de reutilização; (v) estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CIE em diferentes matrizes aquáticas; (vi) educação ambiental e (vii) processos de alfabetização e letramento científico no ensino de ciências, química e biologia.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Abelhas 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47
- Acción educativa 25
- Ações antrópicas 14, 20
- Aedes aegypti* 2, 11
- Água 1, 3, 17, 18, 20, 21
- Águas pluviais 3
- Angiospermas 42
- Arbovirose 2
- Áreas de Preservação Permanente (APP) 16, 18, 20
- Atividades agrícolas 14

### B

- Biodiversidade 41

### C

- Coleta de lixo 1
- Condutividade elétrica 18
- Contaminación 34, 35, 36, 37, 39
- Contaminantes 35, 36, 51
- Corpos hídricos 15, 17, 18, 20

### D

- Dengue 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12
- Difracción de rayos X (DRX) 38
- Drenagem 2, 3, 14, 15, 20

### E

- Ecosistemas 14, 20
- Educación popular 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
- Educación popular ambiental 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32
- Emancipación 26, 32
- Equipos analíticos portátiles 34, 35
- Esgotamento sanitário 1, 3
- Estresse oxidativo 45, 46

## F

Fluorescencia de rayos X (FRX) 36, 37, 38

Fungicidas 43, 46

## G

Geotecnologias 13, 15, 17, 21, 23

Gestão ambiental 23

Glicose oxidase (GOX) 44

*Google earth pro* 13, 14, 15, 17, 21

## H

Herbívoros 42

## I

Identidad cultural 26

Inseticidas 43, 45

Insetos 41, 42, 43, 44, 45, 46, 49

## M

Mananciais 18

Meio ambiente 1, 2, 3, 11, 12, 22

Metales 36, 37, 38, 39

Microrganismos patogênicos 43

Muestras 34, 35, 36, 37, 38

## O

Óleos essenciais 43

## P

Pasivo ambiental 34, 38, 39

Paulo Freire 25, 32, 33

Pedagogía crítica 24, 25, 26, 28, 29, 32

Pólen 42

Polinizadores 41, 42, 43, 45

## R

Recurso hídrico 14

Remediar 34, 35, 37

Resíduo perigoso 34, 37

Resíduos sólidos 3

## S

Saneamento ambiental 3

Saneamento básico 1, 3, 4, 5, 10, 11

Suelo contaminado 34, 37, 38

## T

Técnicas de análise 34

## X

Xenobióticos 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46

# MEIO AMBIENTE:

---

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

-  [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)

# MEIO AMBIENTE:

---

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS  
E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

-  [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)