



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS II
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
DEPARTAMENTO CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS
BACHARELADO EM AGRONOMIA

ALEX SANDRO ALVES DA SILVA

EISENIA FETIDA COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE
AÇUDES E RESIDUÁRIA

LAGOA SECA-PB

2025

ALEX SANDRO ALVES DA SILVA

EISENIA FETIDA COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE
AÇUDES E RESIDUÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Agronomia do Departamento de
Ciências Agrárias e Ambientais da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito para obtenção do grau de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Suenildo Josemo Costa Oliveira

LAGOA SECA-PB

2025

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586e Silva, Alex Sandro Alves da.
Eisenia fetida como bioindicadora da qualidade de águas de açude e residuária [manuscrito] / Alex Sandro Alves da Silva. - 2025.
29 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2025.

"Orientação : Prof. Dr. Suenildo Josemo Costa Oliveira, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais".

1. Água Poluída. 2. Anelídeos. 3. Minhocas. 4. Testes Ecotoxicológicos. I. Título

21. ed. CDD 631.7

ALEX SANDRO ALVES DA SILVA

EISENIA FETIDA COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE
AÇUDE E RESIDUÁRIA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso
de Agronomia da Universidade Estadual
da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Agronomia

Aprovada em: 06/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

- **Mario Sergio de Araujo** (***.783.874-**), em **20/06/2025 09:23:24** com chave **5cb0380e4dd111f0a5d91a1c3150b54b**.
- **Suenildo Josemo Costa Oliveira** (***.568.234-**), em **20/06/2025 07:47:24** com chave **f354e6b44dc311f097281a1c3150b54b**.
- **Maria Vitoria Dias Carneiro** (***.248.554-**), em **20/06/2025 15:30:42** com chave **abf14cae4e0411f0917f2618257239a1**.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 26/06/2025

Código de Autenticação: 604a0e



AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus em primeiro lugar que me deu o sopro da vida, saúde, força de vontade e sabedoria, e rendo graças e louvores a ele reconheço que sem Ele não teria chegado até aqui.

Aos meus filhos que são um presente de Deus em minha vida, por ter respeitado a minha vontade de fazer esse curso, mesmo sabendo que isso reduziria o nosso tempo juntos.

Agradeço ao meu orientador, Professor: Dr. Suenildo Josemo Costa Oliveira. A todos os meus amigos e colegas de classe que de forma direta e indireta contribuíram no processo de aprendizagem do nosso curso.

Aos Professores por criarem um maravilhoso caminho para expressar suas técnicas didáticas de forma bastante amorosa e flexível no campo do conhecimento docente.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Açude Epitácio Pessoa, em Boqueirão- PB.....	12
Figura 2. Açude Velho, em Campina Grande-PB.....	13
Figura 3. Açude de Bodocongó, em Campina Grande-PB.....	13
Figura 4. Reservatório de água localizado na COTEMINAS, em Campina Grande-PB.....	14
Figura 5. Recipientes utilizados para o experimento.....	15
Gráfico 1. Representação da Ordenação da ACP para as unidades amostrais e variáveis.....	20
Gráfico 2. Representação da Ordenação da ACP para as unidades amostrais e variáveis.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do esterco bovino utilizado no experimento.....	18
Tabela 2. Matriz de cargas fatoriais, autovalores, proporção de variância e proporção acumulada para análise das variáveis da qualidade de água nos dois componentes principais selecionados.....	19
Tabela 3. Matriz de cargas fatoriais, autovalores, proporção de variância e proporção acumulada para análise das variáveis biológicas da E. fétida nos dois componentes principais selecionados.....	22

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Objetivo Geral.....	10
1.2 Objetivo Específicos.....	11
2 - METODOLOGIA.....	11
2.1 Área de estudo.....	11
2.2 Bioindicador utilizado na experimentação.....	11
2.2.1 Minhoca vermelha da califórnia (Eisenia fetida - Savigny, 1826).....	11
2.3 Fontes de águas utilizadas na experimentação.....	12
2.3.1 Açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão).....	12
2.3.2 Açude Velho.....	12
2.3.3 Açude de Bodocongó.....	13
2.3.4 Água residuária.....	13
2.4 Substrato utilizado na experimentação.....	14
2.4.1 Esterco bovino.....	14
2.5 Procedimento experimental.....	14
2.5.1 Análise físico-química e biológica das águas do experimento.....	14
2.5.2 Condução do experimento.....	15
2.5.3 Análise estatística.....	17
3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	17
3.1 Substrato utilizado.....	17
3.2 Fontes de águas.....	18
3.3 Eisenia fetida como bioindicadora.....	21
4 - CONCLUSÕES.....	25
5 - REFERÊNCIAS.....	27

EISENIA FETIDA COMO BIOINDICADORA DA QUALIDADE DE ÁGUAS DE AÇUDES E RESIDUÁRIA

DA SILVA, A. S. A.¹

RESUMO

As minhocas são consideradas excelentes bioindicadoras nos testes ecotoxicológicos e de bioensaios da qualidade ambiental. Diante do exposto objetiva-se com esta pesquisa, estudar o comportamento da minhoca *Eisenia fetida* como bioindicadora da qualidade de águas de açudes e residuária. O experimento foi conduzido no laboratório de microbiologia, sendo disposto em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), composto por 4 tratamentos e 5 repetições. Utilizou-se da análise multivariada para interpretação dos resultados. A maior taxa de mortalidade ocorreu quando se utilizou da água residuária. Já a utilização da água do açude de Bodocongó apresentou a maior taxa de crescimento relativa e específica. Os melhores resultados para massa e número de casulos e de minhocas jovens, foi obtido com a utilização da água do açude de Boqueirão. Em todas as variáveis estudadas a água do açude Velho, obteve péssimos resultados. Concluiu-se que a água do açude de Boqueirão foi a única que não apresentou contaminação, sendo aceita pelas minhocas. As águas do açude Velho e Residuária foram consideradas altamente poluídas e rejeitadas pela *E. fetida*. A água do açude de Bodocongó, embora poluída, favoreceu o desenvolvimento da *E. fetida*. A espécie *E. fetida* mostrou-se eficiente como bioindicadora da qualidade das águas utilizadas na experimentação.

Palavras-chave: Água Poluída; Anelídeos; Minhocas; Testes Ecotoxicológicos.

¹ Graduando em Agronomia pela Universidade Estadual da Paraíba. E-mail: alex.silva@aluno.uepb.edu.br

EISENIA FETIDA AS A BIOINDICATOR OF THE QUALITY OF WATER IN LAKES AND WASTEWATER

DA SILVA, A. S. A.²

ABSTRACT

Earthworms are considered excellent bioindicators in ecotoxicological tests and bioassays of environmental quality. In view of the above, the objective of this research was to study the behavior of the earthworm *Eisenia fetida* as a bioindicator of the quality of reservoir and wastewater. The experiment was conducted in the microbiology laboratory and was laid out in a DIC consisting of 4 treatments and 5 replicates. Multivariate analysis was used to interpret the results. The highest mortality rate occurred when wastewater was used. The use of water from the Bodocongó weir had the highest relative and specific growth rate. The best results for the mass and number of cocoons and young earthworms were obtained using the water from the Boqueirão weir. In all variables studied, the water from the Velho weir obtained the highest rejection values for the *E. fetida*. It was concluded that the water from the Boqueirão reservoir was the only one that did not present contamination, being accepted by the earthworms. The waters of the Velho weir and Residuária were considered highly polluted and unsuitable for *E. fetida*. The water from the Bodocongó weir, although polluted, favored the development of *E. fetida*. The species *E. fetida* proved to be efficient as a bioindicator of the quality of the water used in the experiment.

Keywords: Polluted Water; Annelids; Earthworms; Ecotoxicological Tests

² Undergraduate student in Agronomy at the State University of Paraíba (UEPB). E-mail: alex.silva@aluno.uepb.edu.br

1 - INTRODUÇÃO

A sincronização harmoniosa entre as necessidades humanas e o meio ambiente, tem atingido níveis críticos para ambas as partes. Percebeu-se que a busca pela melhor qualidade de vida, não alicerçada em princípios básicos da sustentabilidade, provocaram efeitos adversos na qualidade da água para consumo, seja ela proveniente de açudes, rios, lagos ou água subterrânea, diminuindo assim, a qualidade e quantidade deste precioso líquido.

A importância de utilizar-se espécies da fauna como bioindicadoras da qualidade dos ecossistemas, ficou evidenciado na pesquisa bibliométrica, conduzida por Braz e Longo (2019), os quais observaram que de 2008 a 2018, a maioria dos documentos (artigos, dissertações e teses) tiveram como objetivo o monitoramento da qualidade da água, tendo-se as espécies faunísticas usadas com bioindicadores.

As minhocas são consideradas excelentes bioindicadoras nos testes ecotoxicológicos e de bioensaios da qualidade ambiental, como também servem de indicadores de níveis elevados de substâncias nocivas presentes no solo. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD, 1984), Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (US. EPA, 1989), a União Européia (EEC, 1991), e a Organização Internacional de Padronização (ISO, 2007), padronizaram protocolos para a utilização de minhocas para testes ecotoxicológicos e de bioensaios.

Ao ingerir o solo ou a camada de serrapilheira contaminados, as minhocas têm contato com substâncias poluentes que são adicionados de forma direta ou indireta ao solo, as quais vão permanecer adsorvidos nos colóides, sejam partículas minerais, matéria orgânica ou na solução do solo (Spadotto et al., 2004).

Assim, a utilização das minhocas como bioindicadoras para diagnosticar impactos a saúde dos ecossistemas podem ser usadas para apontar a probabilidade de um agente estressor contaminante abiótico e/ou biótico (Danzei; Vercellino, 2018), causadores de efeito adversos ao meio ambiente. Diante do exposto objetiva-se com esta pesquisa, estudar o comportamento da minhoca *Eisenia fetida* como bioindicadora da qualidade de águas de açudes e residuária.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral investigar o efeito das águas poluídas presentes em diferentes fontes na cidade de Campina Grande – PB no desenvolvimento da minhoca *Eisenia Fetida*.

1.2 Objetivo Específicos

O objetivo geral será alcançado por meio dos seguintes objetivos específicos:

- Obter amostras de águas em diferentes localidades na cidade citada;
- Escolher o substrato a ser utilizado no experimento;
- Analisar de forma físico-química e biológica as águas coletadas;
- Organizar o experimento em frasco estéril, catalogando a fonte da água administrada no substrato;
- Avaliar as taxas de mortalidade, crescimento relativa e crescimento específica, além do número de casulos, massa de casulos e número de minhocas jovens em função da fonte de água aplicada em cada uma das amostras.

2 - METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

Com o objetivo de investigar o efeito de águas poluídas no desenvolvimento da minhoca *Eisenia Fetida*, foi conduzido um experimento no período de setembro a outubro de 2023, no laboratório de microbiologia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais do campus II da Universidade Estadual da Paraíba.

2.2 Bioindicador utilizado na experimentação

2.2.1 Minhoca vermelha da califórnia (*Eisenia fetida* - Savigny, 1826)

É uma espécie de grande longevidade (até 16 anos) e bastante prolífera (em média depositam 0,4 casulo/verme/dia; em esterco bovino), sendo a taxa de eclosão é de 70 a 80% em média. O número de minhocas por casulo é de 2,7 variando de 1 a 9; cerca 70% deles contêm 2 minhocas/casulo e 30% contêm apenas uma; seu peso varia de 0,6 a 1,4g. (Oliveira, 2009).

A espécie *E. fetida*, é vista como ideal para a avaliação de riscos de contaminação, podendo ser empregadas em experimentos relacionados à reprodução, rejeição e evitamento ISO (1993). Já a normativa da ABNT NBR 15.537/2007, indica sua utilização como bioindicadoras em testes ecotoxicológicos e bioensaios, devido a sua atuação direta na estruturação, fertilidade e qualidade do solo.

A OECD, a EPA e a ISO, entre outras, adotaram a *E. fetida* para os testes de toxicidade aguda desde, respectivamente, 1984, 1991 e 1993. Este fato é corroborado por

Schütz (2020), o qual relata que a *E. fetida* é a espécie mais utilizada em estudos ecotoxicológicos por ser capaz de se alimentar de diversos tipos de substratos e suportar variações de temperatura e umidade.

2.3 Fontes de águas utilizadas na experimentação

2.3.1 Açude Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão)

Por ter seu barramento em sua maioria no município de Boqueirão, ficou mais conhecido por Açude de Boqueirão. Recebe águas residuais de esgotos domésticos e práticas agrícolas oriundos dos rios Taperoá e Paraíba, que são carreados em seus trajetos, antes de desaguarem no reservatório (Calado, 2020).

Figura 1: Açude Epitácio Pessoa, em Boqueirão-PB.



Fonte: G1-Globo

2.3.2 Açude Velho

Situado na cidade de Campina Grande, PB. A bacia hidrográfica do açude Velho abrange o centro urbano da cidade, sendo suas águas consideradas impróprias para qualquer tipo de uso, devido receber águas poluídas do Canal das Piabas e de galerias pluviais conectadas por ligações clandestinas de esgotos residenciais que estão ao seu entorno (Vasconcelos et al., 2012).

Figura 2: Açude Velho, em Campina Grande-PB.



Fonte: Os Autores

2.3.3 Açude de Bodocongó

Situado na cidade de Campina Grande, PB. Suas águas são consideradas altamente poluída devido ao lançamento de resíduos sólidos em suas margens, lavagens de caminhões, bem como esgoto doméstico proveniente das construções irregulares próximas as suas margens (Coelho, 2013).

Figura 3: Açude de Bodocongó, em Campina Grande-PB.



Fonte: Medium

2.3.4 Água residuária

A Companhia de Tecidos Norte de Minas, COTEMINAS, unidade fabril em Campina Grande, PB, produz uma diversidade de produtos na linha têxtil, gerando uma água altamente contaminada com elementos químicos tóxicos ao meio ambiente, sendo estas águas drenadas para reservatórios de águas residuais (Soares, 2019).

Figura 4: Reservatório de água localizado na COTEMINAS, em Campina Grande-PB.



2.4 Substrato utilizado na experimentação

2.4.1 Esterco bovino

Foi proveniente do plantel bovino da Escola Agrícola Assis Chateaubriand, EAAC/UEPB, o qual é alimentado com poáceas e ração. O esterco apresentava-se já estabilizado e foi peneirado (malha de 4mm) antes de ser colocado nos recipientes, segundo metodologia proposta por Oliveira (2009).

2.5 Procedimento experimental

2.5.1 Análise físico-química e biológica das águas do experimento

A primeira etapa da pesquisa constou da avaliação da qualidade da água, para tanto, coletou-se água proveniente de três açudes (Bodocongó, Boqueirão e Velho) e residuária (Empresa Coteminas), adotou-se a metodologia proposta por Andrade et al., (2018), consistindo na seleção de 5 pontos de coleta em cada reservatório. As coletas foram realizadas no período da manhã, com o auxílio de um balde plástico, e colocada em recipientes hermeticamente fechados com capacidade de 5 litros.

As amostras foram acondicionadas em recipiente estéril com capacidade de 5 L, em seguida enviadas para o laboratório do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB), em Campina Grande-PB, para a realização das análises físico química e microbiológica. Para a avaliação físico-química, os indicadores de qualidade das águas utilizadas foram: Condutividade (dS m^{-1}), Sólidos Totais Dissolvidos (mg L^{-1}), Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Turbidez

(UNT)³; pH, Oxigênio Dissolvido ($\text{mgO}_2 \text{ L}^{-1}$), Demanda Bioquímica de Oxigênio ($\text{mg L}^{-1} \text{ O}_2$), Nitrogênio total (mg L^{-1}) e Fósforo (mg L^{-1}). Para a avaliação biológica utilizou-se os Coliformes Termotolerantes ($\text{NMP } 100 \text{ mL}^{-1}$).

Todas estas coletas e os armazenamentos das amostras das águas, foram realizadas seguindo a metodologia proposta por Brandão et al. (2011), e os métodos analíticos empregados na experimentação seguiram os protocolos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012).

2.5.2 Condução do experimento

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e cinco repetições. Foram utilizadas 10 minhocas cliteladas (massa corporal individual variando de 700 a 900 mg), por recipiente e 200 minhocas em toda a experimentação.

Os recipientes utilizados para acomodação do substrato bovino para as minhocas, foram potes de plásticos de polipropileno com formato retangular (dimensões: 19 x 13 x 12 cm, de comprimento, largura e profundidade, respectivamente) e capacidade de 2.500 mL. Para limitar a perda de água devido à evaporação as suas tampas foram perfuradas, e para evitar efeitos laterais da luz, foram revestidos externamente com papel alumínio. Estes recipientes foram mantidos em ambiente escuro por 16 horas e 8 horas na luz natural, durante todo o experimento.

Figura 5: Recipientes utilizados para o experimento.



Fonte: Os Autores

O esterco bovino foi pesado em balança de precisão e colocado 500g em cada recipiente, logo após, foi umedecido com as águas experimentais, deixando-o com uma capacidade de umidade relativa de 70 a 80%. Após 24 horas de repouso, foram inoculadas as

³ Unidade Nefelométrica de Turbidez, do inglês *Nephelometric Turbidity Unit*.

minhocas no período da manhã, colocando-se as 10 minhocas sobre a superfície do substrato e permitindo-lhes escavá-lo.

Segundo a metodologia indicada pela OECD (1984), as minhocas passaram por um período de purga de três horas em papel filtro úmido como substrato, sem alimentar-se, evitando-se assim, o favorecimento de resultados obtidos, tornando-os fidedignos quanto a resposta aos tratamentos utilizados.

As variáveis analisadas foram: **Taxa de Mortalidade (TM)**, obtida através da equação 1, com a contagem da quantidade inicial e final do número de minhocas. **Taxa de Crescimento Relativa (TCR)**, obtida através da equação 2, utilizando-se de uma balança digital de quatro dígitos. **Taxa de Crescimento Específica (TCE)**, obtida através da equação 3, utilizando-se de uma balança digital de quatro dígitos. **Número de casulos (NC)**, obtido com contagem simples em cada tratamento. **Massa de casulos (MC)**, obtida com a pesagem de casulos em cada tratamento, utilizando-se de uma balança digital de quatro dígitos. **Número de minhocas jovens (NMJ)**, obtidos com a contagem simples de minhocas não cliteladas, em cada tratamento.

$$TM = \frac{(MF-MI)}{MI} \times 100 \quad (1)$$

onde:

TM = Taxa de mortalidade, expressa em porcentagem.

MI = Número de minhocas cliteladas inicial.

MF = Número de minhocas cliteladas vivas no final da experimentação.

$$TCR = \frac{GMF}{GMI} \times 100 \quad (2)$$

onde:

TCR = Taxa de Crescimento Relativa, expressa em porcentagem.

GMF = Ganho de massa corporal final.

GMI = Massa corporal inicial.

$$TCE = \frac{(\log MCF - \log MCI)}{T} \times 100 \quad (3)$$

onde:

TCE = Taxa de Crescimento, expressa em porcentagem.

MCF = Massa corporal final.

MCI = Massa corporal inicial.

Ln = Logaritmo natural

T = Tempo de duração do experimento.

As observações para investigar a mortalidade foram feitas apenas em três períodos,

aos 2, 22, e 42 dias após a inoculação das minhocas nos substratos, para que não houvesse muita movimentação no substrato e provocasse estresse nos anelídeos, as minhocas foram consideradas mortas, quando não mais reagiam a suaves estímulos mecânicos aplicados na extremidade pós clitelar. Para esta variável, os dados analisados foram a média destes três períodos. Já para as demais variáveis, os dados coletados foram realizados 56 dias, ou seja, no final do experimento.

2.5.3 Análise estatística

O tratamento estatístico dos dados de medidas estruturais das unidades amostrais foi realizado e fundamentado nas técnicas multivariadas: A Análise de Componentes Principais (ACP), tem por objetivo a transformação de uma matriz X de p variáveis, que podem estar correlacionadas em uma matriz Y de p variáveis hipotéticas não correlacionadas, que decrescem em variância da primeira para a última (MINGOTI, 2005), facilitando assim, a compreensão sobre a qualidade das fontes de água em relação ao grau de contaminação e sua influência no desenvolvimento biológico da *E. fétida*. Na análise dos dados da ACP, utilizou-se o software Past 4.13® (Hammer et al., 2008).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no estudo inédito sobre a utilização da *E. fétida* como bioindicadora da qualidade das águas dos açudes e da água residuária têxtil, mantidas em substrato apenas com esterco bovino, após os 56 dias de experimentação mostraram-se promissores, percebendo-se diferenças comportamentais em relação a aceitação ou não, por parte das minhocas de acordo com as variáveis estudadas.

3.1 Substrato utilizado

Esterco bovino, cuja composição química encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do esterco bovino utilizado no experimento. Lagoa Seca, PB.

CO	MO	NT	P	K	Ca+Mg	Na	CTC	PST	CEes	C/N
-----g	Kg ⁻¹ -	-----	---mg	dm ⁻³ -	-----	Cmolc	dm ⁻³ --	%	dSm ⁻¹	
318,0	697,0	30,21	15,2	1.287,6	145,9	1,199	150,39	0,79	15,3	10:1

Fonte: Laboratório de física do solo, UFPB – Areia, PB. CO – Carbono Orgânico; MO – Matéria Orgânica; NT – Nitrogênio Total; P – Fósforo; K – Potássio; Ca - Cálcio; Mg – Magnésio; Na – Sódio; CTC – Capacidade de Troca Catiônica; PST – Percentagem de Sódio Trocável; CE – Condutividade Elétrica; C/N – Relação Carbono Nitrogênio. Para o cálculo da CTC, o K foi dividido por 391 (fator de conversão).

De acordo com Chagas Filho et al. (2019), em relação a interpretação da análise química do esterco bovino, pode-se observar que os resultados obtidos apresentaram elevados teores de carbono orgânico, matéria orgânica, nitrogênio total, fósforo e potássio disponível, alta condutividade elétrica e baixa percentagem de sódio trocável e uma relação C/N com rápida decomposição e mineralização da matéria orgânica.

3.2 Fontes de águas

A obtenção do número ideal de componentes selecionados para explicar o comportamento das variáveis da qualidade de água, foi baseado nas recomendações Gardiman Júnior (2015), os quais atribuem os valores de 70 a 90% da variância total, altamente eficiente para explicar o comportamento das variáveis de qualidade de água. Assim, para a elucidação do estudo, foram selecionados apenas os dois componentes principais (CP1 e CP2), cujos valores associados atendem a esta recomendação.

Para minimizar os efeitos das diferentes escalas de mensuração entre as variáveis analisadas, os dados foram transformados utilizando-se o escore Z, ou seja, cada variável foi transformada, subtraindo sua média amostral do valor de cada observação daquela variável, e então dividida essa diferença pelo desvio padrão amostral (Gotelli; Ellison, 2011).

A análise dos componentes principais (ACP) para as variáveis amostradas das fontes de água dos açudes e residuária, estão apresentados na Tabela (2), percebe-se que o modelo composto pelos dois componentes (CP1 e CP2), explicam 73,10% da variância total acumulada das variáveis originais, sendo que o primeiro fator explicou 43,40% e o segundo fator elucidou 29,70% da variância total; demonstrando a relação entre fatores e variáveis e possibilitando a identificação das variáveis com maior inter-relações em cada componente. Essa configuração de explicação dos dados nos dois primeiros componentes principais

corroborar a eficiência e aplicabilidade da ACP para as variáveis analisadas (Gotelli; Ellison, 2011).

Tabela 2 - Matriz de cargas fatoriais, autovalores, proporção de variância e proporção acumulada para análise das variáveis da qualidade de água nos dois componentes principais selecionados.

Variável	CP1	CP2
Condutividade Elétrica (CE)	-0,1961	-0,4526
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	0,4349	0,2151
Temperatura (T)	-0,2982	0,3554
Turbidez (TB)	0,3765	0,2418
Potencial Hidrogeniônico (pH)	0,3679	0,0267
Oxigênio Dissolvido (OD)	0,0617	0,5024
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	-0,4168	0,1989
Nitrogênio Total (NT)	-0,4111	0,2023
Fósforo Total (PT)	-0,0182	0,4388
Coliformes Termotolerantes (CT)	0,2439	0,1946
Autovalor	4,340	2,970
% Variância explicada	43,40	29,70
% Variância acumulada	43,40	73,10

Fonte: Os autores

Na Tabela 2, os pesos fatoriais mais altos indicam quais variáveis são as mais relevantes em cada fator. O CP1 apresentou loadings mais elevados para as variáveis Sólidos Totais Dissolvidos (43,49%), Demanda Bioquímica de Oxigênio (41,68%) e Nitrogênio Total (41,11%). Estes resultados caracterizam corpos d'água eutrofizados, os quais recebem despejo de esgotos sem tratamento, proximidade de áreas com atividades agropecuárias e processo erosivo do solo, sendo responsáveis pelas cargas poluentes tornando-as impróprias para consumo, quando comparadas aos critérios estabelecidos pelo CONAMA, tanto de águas doces como de águas salobras, da classe 3 (CONAMA, 2005).

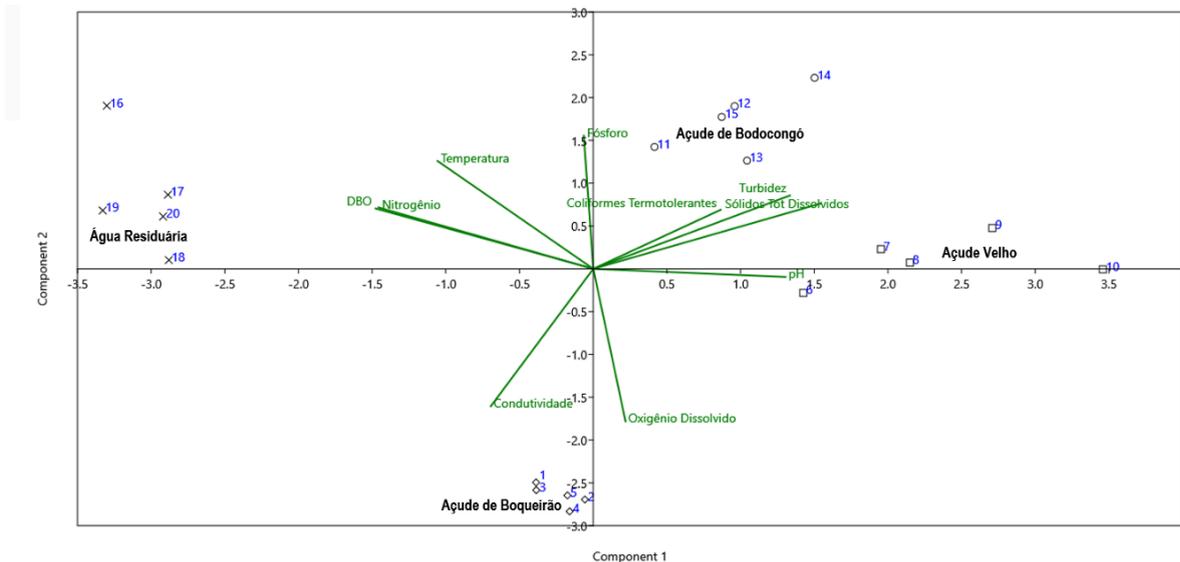
Já no CP2, as variáveis Oxigênio Dissolvido (50,24%), Condutividade Elétrica (45,26%) e o Fósforo Total (43,88%), apresentaram os loadings mais elevados. O OD indica um alto consumo de oxigênio por parte dos microorganismos que atuam na decomposição destes poluentes, já a CE caracteriza uma maior concentração dos íons presentes na solução:

cátions e ânions, evidenciando o lançamento de efluentes sanitários, presença de dejetos de semoventes e até mesmo a formação edáfica no entorno dos corpos d'água.

Na Figura 1, as variáveis são representadas por vetores, e as unidades amostrais estão representadas por pontos no espaço formado pelos eixos fatoriais. A qualidade das águas dos açudes Bodocongó e Velho, apresentam altos valores obtidos para Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos e Coliformes Termotolerantes, caracterizando-os como corpos d'água de alta carga poluente. De acordo com Braz; Longo (2019), esta contaminação se dá principalmente por ações antrópicas, como o lançamento de efluentes e resíduos sólidos através da rede de esgotos, diretamente nestes corpos d'água.

A água Residuária, apresenta-se com elevado valor para o Fósforo, Nitrogênio e DBO, caracterizando uma alta presença de matéria orgânica (MO), advinda dos produtos têxteis (Beltrame, 2000); evidencia também, a ação da temperatura no metabolismo dos microrganismos agentes da composição desta MO, exigindo maior quantidade de oxigênio para sua decomposição. Já as águas existentes no manancial Epitácio Pessoa (Açude de Boqueirão), não apresentaram processo de eutrofização e contaminação por coliformes termotolerantes.

Figura 5: Representação da Ordenação da ACP para as unidades amostrais e variáveis.



Fonte: Os autores

De acordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA, só a água do açude de Boqueirão foi classificada como apropriada para consumo humano (classe I) e a dessedentação de animais (Classe III). As águas dos açudes Bodocongó e Velho e da água Residuária, mostraram-se inapropriadas para a dessedentação de animais.

Nas pesquisas conduzidas por Calado (2020), sobre a qualidade de água do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), chegou-se à conclusão de que com relação aos parâmetros físicos e químicos, ela está de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde (nº 5, de 28/9/2017), podendo ser utilizada para consumo humano e dessedentação de animais.

Em relação ao açude de Bodocongó, estudos conduzidos por Andrade et al. (2018), sobre a qualidade hídrica deste manancial, relatam a deterioração da qualidade dessas águas, colocando-as como inapropriada para seu reuso em qualquer tipo de atividade (recreação, agropecuária e consumo humano). Esta contaminação é advinda da ocupação desordenada em seu entorno (falta de saneamento), lavagem de veículos automotores, pastagem de animais e recarga de águas poluídas de esgotos que compõem sua bacia de captação.

De acordo com Arias et al. (2007), a realização de análises físicas, químicas e biológicas das águas, não são suficientes para expor os verdadeiros impactos negativos de sua contaminação, sendo necessários testes com bioindicadores.

Assim, o grande desafio desta pesquisa passou a ser o teste de reutilizar estas fontes d'água, em substrato para criação de minhocas, tendo a *E. fétida* como bioindicadora da qualidade destas águas.

3.3 Eisenia fétida como bioindicadora

A análise de componentes principais (ACP) das variáveis relacionadas ao comportamento da *Eisenia fétida* submetida as diferentes fontes de água, possibilitou a formação de seis componentes principais. Neste caso adotou-se os critérios preconizados por Jolliffe (2002), o qual afirma que a porcentagem acumulada da variância total acima de 70%, oferece confiabilidade para caracterizar o máximo possível a variação do conjunto de dados (variáveis) da variância original. Para minimizar os efeitos das diferentes escalas de mensuração entre as variáveis analisadas, seguiu-se também a recomendação de Gotelli; Ellison (2011), os quais recomendam a transformação dos dados, utilizando-se do escore Z.

A análise dos componentes principais (ACP) para as variáveis amostradas do comportamento biológico da *E. fétida*, são apresentadas na Tabela 3. A utilização de apenas dois componentes principais (CP1 e CP2), foram suficientes para a explicação de 74,13% do desempenho da variância total acumulada das variáveis originais. Sendo que o primeiro fator explicou 55,56% e o segundo fator 18,57% das variáveis envolvidas, respectivamente, mostrando a conexão entre fatores e variáveis, permitindo assim identificar as variáveis que apresentam as maiores inter-relações em cada componente.

Tabela 3 - Matriz de cargas fatoriais, autovalores, proporção de variância e proporção acumulada para análise das variáveis biológicas da *E. fétida* nos dois componentes principais selecionados.

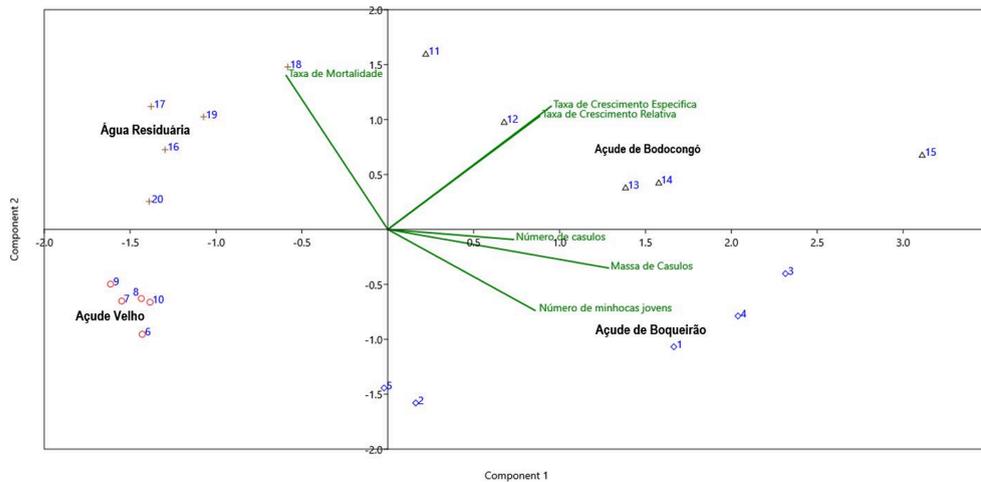
Variável	PC1	PC2
Taxa de Mortalidade	-0,1847	0,8053
Taxa de Crescimento Relativa	0,4870	0,3525
Taxa de Crescimento Específica	0,4823	0,3765
Número de casulos	0,4094	-0,1579
Massa de Casulos	0,4876	-0,1910
Número de minhocas jovens	0,3012	-0,1554
Autovalor	3,333	1,114
% Variância explicada	55,56	18,57
% Variância acumulada	55,56	74,13

Fonte: Os autores

Na Tabela 3, os pesos fatoriais mais altos indicam quais variáveis são as mais relevantes em cada fator. O CP1 apresentou loadings mais elevados para as variáveis Taxa de Crescimento Específica, Taxa de Crescimento Relativa, Massa e Número de Casulos, sendo os três primeiros mais representativos com mais de 48% cada um. O CP2 obteve o maior loadings para a variável Taxa de Mortalidade com valor de 80,53%. Estes resultados possibilitam a verificação da sensibilidade da *E. fétida* a presença de fontes contaminantes presentes nas águas utilizadas para a umidificação do substrato esterco bovino.

Na Figura 2, as variáveis são representadas por vetores, e as unidades amostrais estão representadas por pontos no espaço formado pelos eixos fatoriais. O comportamento da *E. fétida* no substrato umedecido com as diferentes fontes de água, mostrou-se bastante influenciado por estas fontes.

Figura 6: Representação da Ordenação da ACP para as unidades amostrais e variáveis.



Fonte: Os autores

Percebe-se na Figura 2, que para a fonte Açude de Boqueirão (Epitácio Pessoa), não proporcionou efeito negativo no comportamento da *E. fetida*, demonstrando sua aplicabilidade como bioindicadora da qualidade desta água. Para esta fonte, as variáveis número de minhocas e de massa e número de casulos, obtiveram os melhores resultados, quando comparados as demais fontes de águas. No entanto, esta fonte foi superada apenas pela água do Açude de Bodocongó, quando comparada as Taxas de Crescimento Específica e Relativa; e mostrou-se superior a Água Residuária na variável Taxa de Mortalidade. Ressalta-se que sua qualidade é altamente superior (potabilidade e dessedentação de animais), em comparação a água do Açude Velho.

Em relação a fonte d'água Açude de Bodocongó, os resultados obtidos mostraram-se promissores, pois as variáveis Taxa de Crescimento Específica e Relativa apresentaram altos vetores e correlacionaram-se de forma positiva. Embora este corpo d'água seja considerado poluído, sua água utilizada para manutenção da umidade do substrato, foi totalmente aceita pelas minhocas. Este corpo hídrico apresenta em seu espelho d'água e principalmente em seu entorno, uma vegetação exuberante, proporcionando uma recarga de matéria orgânica na água, o que foi prontamente aceita pelos anelídeos, o que a diferencia das águas do Açude Velho, que também considerada de alta carga poluente, apresentou-se inadequada para atender a necessidade de desenvolvimento biológico da *E. fetida*, pois, as variáveis testadas obtiveram valores altamente negativos (Figura 2), comprovando-se através do bioindicador utilizado, sua alta carga poluente e sua inadequação para fins de reutilização, como fonte de umidade em substratos utilizados na criação destes anelídeos.

Processo semelhante foi obtido com a Água Residuária, que embora apresentasse

elevados valores para o Fósforo, Nitrogênio e DBO, caracterizando uma alta presença de matéria orgânica (MO), o que é desejável para *E. fetida*, não apresentou resultados satisfatórios para as variáveis testadas. A variável Taxa de Mortalidade foi a que apresentou a maior influência para esta fonte d'água (Figura 2), pois como é sabido, esta água, devido aos processos industriais, apresenta metais pesados altamente tóxicos para o meio ambiente. Nesse sentido, uma das principais vantagens deste estudo, é que, apesar de não se conhecer a composição qualitativa e quantitativa destes poluentes, sua presença se manifesta rapidamente no comportamento da *E. fetida*, demonstrando seu alto valor como indicador biológico.

O sucesso da *E. fetida* em remover vários tipos de poluentes em substratos umidificados com águas contaminadas, como foi o caso do açude de Bodocongó, é defendido por Bates (2016), o qual afirma que devido ao substrato contaminado pelas águas, passam pelo sistema digestivo da minhoca, onde passam por um processo de fragmentação de biomoléculas, como polipeptídios, polissacarídeos e polinucleotídeos, que geram biomoléculas derivadas complexas e ricas em grupamentos químicos, como anéis aromáticos, grupos carboxila, grupos hidroxilas, entre outros, agindo como descontaminantes. Diante do exposto, pode-se afirmar que a água proveniente manancial açude de Bodocongó, embora considerada altamente poluída, não prejudicou o desenvolvimento biológico das minhocas, sendo aceita pela *E. fetida*.

De acordo com Benitez et al. (1999), substâncias poluentes são facilmente detectadas pelas minhocas, pois em seu estudo, utilizando lama de esgoto de estação de tratamento de águas de fábrica de celulose como substrato na criação de *E. fetida*, durante o período de 18 semanas, houve um incremento de sua biomassa e número de minhocas jovens.

A água do açude Velho, de acordo com as pesquisas realizadas por Torquato et al. (2016), foi considerada com alta carga poluente, sendo o seu reuso totalmente inapropriado para qualquer tipo de utilização, esta contaminação se deve ao manancial receber todas as águas dos esgotos sanitários em seu entorno, além de recarga contaminada pelo canal da Piabas (que recebe a descarga dos esgotos sanitários dos bairros, que ele atravessa). Na pesquisa sobre presença de metais pesados no referido açude, Batista; Freire (2010) constataram a presença dos metais cádmio, cobre, chumbo, cromo e mercúrio.

O uso da água Residuária, mostrou-se inapropriada para a criação da *E. fetida*. De acordo com os estudos de Beltrame (2000), as industriais têxteis em seus processos de produção de tecidos, necessitam de bastante água e estas são altamente contaminadas durante este processo, por metais pesados como Cd, Cu, Cr, Pb, Sn, Fe, Ni e Zn. Fato este corroborado, por Batista (2022), que estudando os processos oxidativos avançados (POAS) na

descoloração de corantes têxteis, concluiu que as águas residuárias têxteis são altamente contaminadas por metais pesados.

Uma das respostas das minhocas para o estresse causado por elementos tóxicos é o direcionamento de sua energia metabólica usada para seu crescimento, reprodução e escavação, seja totalmente empregada para os meios de defesa, a fim de garantir a sobrevivência da espécie (GIBBS et al., 1996). Fenômeno este que é explicado por Buch (2010), o qual relata que a contaminação por parte das minhocas, se dá pelo contato direto e passagem pela cutícula, resultando na intoxicação, morte ou sobrevivência, incorporação e bioacumulação dos elementos tóxicos em seus tecidos (BURGER, 2006).

4 - CONCLUSÕES

As águas dos açudes Bodocongó e Velho e a água Residuária Têxtil, utilizadas na experimentação apresentaram alta carga poluente, estando em desacordo com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA;

- A presença de cargas poluentes presentes nas águas testadas do Açude Velho e Residuária Têxtil, proporcionaram um efeito altamente negativo no desenvolvimento da E. fetida;

- As águas do Açude de Bodocongó favoreceram as taxas de crescimento específica e relativa da espécie E. fetida;

- As águas do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), estão em conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA e propiciaram um excelente desenvolvimento da E. fetida;

- A avaliação dos resultados obtidos com as águas dos açudes e residuária no presente estudo, mostram que o bioindicador (E. fetida) se destacou na detecção da presença de poluentes nestas fontes de águas.

A presente pesquisa traz em si, uma grande contribuição à sociedade e a academia, devido a qualidade e quantidade de resíduos prejudiciais, industriais ou animais nos ecossistemas, principalmente nos corpos d'águas estarem aumentando logaritmicamente, tornando estas águas altamente poluídas e sem utilização. Portanto, cada estudo científico sobre este tema tem um grande impacto. Além disso, o reuso de águas é um tema vital pois, reduz a utilização de água potável por água de qualidade inferior, mas que atende as necessidades para a exploração agrícolas e de animais, neste caso em particular a E. fetida.

Também, pode-se considerar que por sua eficiência comprovada por vários trabalhos científicos, a minhoca também pode ser utilizada para testes ecotoxicológicos, como

complemento de análises físicas, químicas e biológicas de corpos d'águas contaminados, proporcionando maior segurança nas conclusões das pesquisas e a socialização destes resultados.

Na presente pesquisa, não foi possível realizar as múltiplas respostas biológicas traduzidas como indicativos integrados a biomarcadores em minhocas, como o estresse oxidativo e danos moleculares, além da regulação transcricional, devido às condições financeiras para a realização deste estudo.

Recomenda-se que ao se utilizar o substrato somente a base de esterco bovino, deve-se inferir na relação de seus elementos químicos com as fontes de águas a serem utilizadas; como também testar as respostas biológicas integradas aos biomarcadores.

5 - REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15537**: ecotoxicologia terrestre. Ecotoxicologia aguda. Método de ensaio para minhocas. Rio de Janeiro, 2007.
- ANDRADE, L. R. dos S.; ARAÚJO, S. M. S. de; ANDRADE, M. Z. S. de S.; MEDEIROS, L. E. L. de. Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V.13, Nº 1, p. 74-83, 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v13i1.5377>
- APHA - American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 2012.
- ARIAS, A. R. L.; et al. Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.
- BATES, L. Humic Substances and natural organic matter. **Nova Science Publishers**, New York, 2016.
- BATISTA, F. G. de A.; FREIRE, J. A. Avaliação dos níveis de metais pesados no corpo aquático do Açude Velho, Campina Grande – Paraíba. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 7, n. 4, p. 166-179, out. /dez. 2010.
- BATISTA, I. R. **Processos Oxidativos Avançados (POAS): Uma Revisão da Importância de Fotocatálise na descoloração de Corantes Têxteis como o Verde Malaquita**. Monografia de Curso (Licenciatura em Química). Instituto Federal Goiano. 2022. 39 Pg.
- BELTRAME, L. T. C. **Caracterização de efluente têxtil e proposta de tratamento**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, UFRN, Rio Grande do Norte. 2000. 161 pg.
- BENITEZ, E., NOGALES, R.; ELVIRA, C.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B. Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia fetida*. **Bioresource Technology**. 67: 287-303. 1999.
- BRANDÃO, C. J. et al. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos** / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. 326 p. Brasília, DF: ANA; São Paulo: CETESB, 2011. 327 p. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia_nacional-coleta-2012.pdf. Acesso em: 26 fev. 2022.
- BRAZ, S., N.; LONGO, R. M. Bioindicadores de poluição ambiental: um estudo bibliométrico. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 12, n. 27, 2019. Disponível em: https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/anap_brasil/article/view/2239/2082. Acesso em: 15 fev. de 2023.
- BUCH, C. A. **Pontoscolex corethrurus (müller, 1857) e Eisenia andrei, bouché 1972, como bioindicadoras de solos contaminados por agrotóxicos**. Dissertação (Mestrado).

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Curitiba. 2010. 60 f.

BURGER, J. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. **Environmental Bioindicators**, Vol. 1, p. 22-39, 2006.

CALADO, T. O. **Análise da relação do uso do solo com a qualidade da água do açude Epitácio Pessoa no eixo leste do Projeto de integração do Rio São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). UFPE, Recife. 2020. 146 P.

CHAGAS FILHO, L. das; SÁ, J. R. de; SOUZA, M. C. M. R. de; SILVA, D. M. da **Caracterização química de dois esterco do município de Guaraciaba do Norte, CE**. Anais do 8º Seminário de Iniciação Científica do IFCE. Sobral, CE: IFCE, 2019.

COELHO, A. C. L. **A degradação ambiental no entorno do Açude de Bodocongó**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande- PB. 2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. In: Ministério do Meio Ambiente. Resoluções Conama, 357. Brasília. Diário Oficial da União, 2005.

DANZEI, A. P.; VERCELLINO, I. S. Uso de Bioindicadores no monitoramento da qualidade da água. **Revinter**, v. 11, n. 01, p. 100-115, 2018.

ECC - EUROPEAN COMMUNITY COMMISSION. Commission Directive 91/676/EEC of 12 December. **Concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources**. Official Journal Europe Community. 1991.

GARDIMAN JUNIOR, B. S. Caracterização do processo de poluição das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do rio Jucu, estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 235 – 242, 2015.

GIBBS, M. H.; WICKER, L. F.; STEWART, A. J. A method for assessing sublethal effects of contaminants in soils to the earthworm, *Eisenia fetida*. **Environ Toxicol Chem**. 1996. 15:360–368.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed; 2011. 527 p.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST - Paleontological Statistics, ver. 1.81 (<http://folk.uio.no/chammer/past>). 2008. » <http://folk.uio.no/chammer/past>.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARD. **11268-1. Soil quality: Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*)**. Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrat. Geneva, ISO, 1993.

ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **17512-1. Soil quality: Avoidance test for testing the quality of soils and effects of chemicals on behavior**. Part 1: test with earthworms (*Eisenia fetida* and *Eisenia andrei*). Geneva, ISO, 2007.

JOLLIFFE, L. T. **Principal component analysis**. 2.ed. New York: Springer, 2002. 487p.
MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Editora UFMG, Belo Horizonte, 2005.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. [Protocolo]. **Earthworm, Acute Toxicity Tests**. Paris, 1984. 9p. (OECD. Guideline for testing of chemicals, 207).

OLIVEIRA, S. J. C. **Vermicompostagem**. (Apostila de curso). Lagoa Seca, PB: Universidade Estadual da Paraíba, 2009.

SCHÜTZ, D. L. **Uso de bioindicadores para monitorar diferentes usos e ocupações de solos e a qualidade das águas do rio Chopim, da unidade de conservação "Refúgio de vida silvestre dos campos de palmas" e seu entorno**. Dissertação (Mestrado). Engenharia Ambiental: Análise e Tecnologia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). 2020. 135 pg.

SOARES, I. A. **Relatório de estágio - Coteminas S/A**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Campina Grande. 2019. 77 pg. SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M. de **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Embrapa Meio Ambiente, Documentos N° 42. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 2004.

TORQUATO, A. L.; SANTOS, W. B. dos; MORAIS, L. M. M. de; CARTAXO, M. A. A.; FEITOSA, P. H. C. Análise da qualidade das águas do Açude Velho em Campina Grande/PB. **Anais.. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campina Grande/PB**. 2016.

US. EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to freshwater organism**. EPA/600/4 – 89 – 001. Environmental Monitoring Systems Laboratory Cincinnati. Ohio. 1989.

VASCONCELOS, J. F. de; FARIAS, M. J. R. de; MOURA, G. C. de; SILVA, S. M. **Qualidade de água de reservatórios e a emissão de carbono para atmosfera: estudo de caso em três reservatórios localizados em Campina Grande- PB**. Anais I ENECT/UEPB. Campina Grande: Realize Editora, 2012. Disponível em: . Acesso em: 22 de fev. de 2023.