



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E
MEIO AMBIENTE



REBECCA VANIELLY SANTANA DE CARVALHO

**QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE PINDOBAL E AVALIAÇÃO DA
APLICABILIDADE DE FOSSA ECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA PARA
ESGOTAMENTO SANITÁRIO E CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES AQUÁTICOS,
MAMANGUAPE/RIOTINTO-PB**

JOÃO PESSOA

2021

REBECCA VANIALLY SANTANA DE CARVALHO

**QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE PINDOBAL E AVALIAÇÃO DA
APLICABILIDADE DE FOSSA ECOLÓGICA COMO ALTERNATIVA PARA
ESGOTAMENTO SANITÁRIO E CONSERVAÇÃO DE AMBIENTES AQUÁTICOS,
MAMANGUAPE/RIOTINTO-PB**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Desenvolvimento e Meio
Ambiente da Universidade Federal da
Paraíba, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: DRA. MARIA CRISTINA BASÍLIO
CRISPIM

JOÃO PESSOA

2021

C331q Carvalho, Rebecca Vanielly Santana de.

Qualidade da água do Açude Pindobal e avaliação da aplicabilidade de fossa ecológica como alternativa para esgotamento sanitário e conservação de ambientes aquáticos, Mamanguape/Rio tinto-PB / Rebecca Vanielly Santana de Carvalho. - João Pessoa, 2021.

110 f. : il.

Orientação: Maria Cristina Basílio Crispim.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Poluição hídrica. 2. Tratamento de esgoto. 3. Saneamento ecológico. 4. Gestão participativa. 5. Poluição da água. I. Crispim, Maria Cristina Basílio. II. Título.

UFPB/BC

CDU 502.51:504.5(043)

Emitido em 02/03/2021

ATA Nº 01/2021 - PRODEMA - MEST (11.01.14.50)
(Nº do Documento: 1)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 02/03/2021 17:10)
GUSTAVO FERREIRA DA COSTA LIMA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
1117951

(Assinado digitalmente em 02/03/2021 16:35)
MARIA CRISTINA BASILIO CRISPIM DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
2335304

(Assinado digitalmente em 02/03/2021 15:46)
CLARA TAVARES GADELHA
TECNICO EM SECRETARIADO
2004872

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufpb.br/documentos/> informando seu número: **1**,
ano: **2021**, documento (espécie): **ATA**, data de emissão: **02/03/2021** e o código de verificação: **34258b77d1**

Ao meu querido esposo, Gessé; a minha filha, Isabel; aos meus pais, Iraci e João; aos meus irmãos, Roberta, Renatha e Raphael; aos meus sogros, Ivonete e Gessé; aos meus cunhados, Yasmin, Yemilli, Daiane e Cairo; e aos meus sobrinhos, Pedro Miguel, Lisia e Hanelisia.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a oportunidade de iniciar e concluir o mestrado, dando-me paciência, saúde e persistência. A Ele, toda a glória!

Ao amor da minha vida, Gessé, pelo apoio, compreensão, companheirismo e por ter me ajudado em várias etapas desse trabalho, com sua paciência e inteligência.

A minha mãe, Iraci, pelo seu apoio e exemplo de sabedoria e por ter proporcionado toda a minha formação escolar e acadêmica.

A minha orientadora, Cristina, por ter me ajudado e me dado as direções para que eu conseguisse concluir o mestrado, principalmente diante dos desafios que passamos durante o ano de 2020.

À orientadora do estágio docência, Elaine, por todas as dicas e sugestões e pela compreensão diante das dificuldades em estagiar à distância.

Aos avaliadores interno, Gustavo, e externo, Vivian, por todas as contribuições para melhorar este trabalho.

A Luanny, pela parceria em diversas etapas desse trabalho, nas aventuras em campo e em laboratório, animando a todos sempre com seu bom-humor.

A Randolpho, pela ajuda no laboratório e nas análises estatísticas, com sua humildade, paciência e disponibilidade.

A Ivanice, presidente da associação de Pindobal, por toda a sua disponibilidade em me ajudar, nunca medindo esforços, pela sua humildade, sinceridade e vontade de fazer sempre o melhor pela comunidade.

A Alcides, presidente da associação de Rio do Banco, por ter me ajudado nas reuniões com a comunidade, indo conosco nas casas dos moradores da comunidade e esclarecendo todas as minhas dúvidas.

A todos os moradores das comunidades de Pindobal e Rio do Banco, que contribuíram para esta pesquisa de alguma forma.

RESUMO

Esgotos domésticos a céu aberto são a realidade de muitos lugares, causando poluição do solo e da água, mau cheiro, aparecimento de insetos e transmissão de doenças. Nesse contexto, as tecnologias socioambientais apresentam-se como alternativas para a população desprovida de coleta de esgoto, por serem viáveis financeira e tecnologicamente. Entre essas tecnologias estão as fossas ecológicas, as quais tratam o esgoto no local onde foi gerado. Diante disso, foi proposta a utilização de fossas ecológicas do tipo Círculo de Bananeiras como alternativa para o tratamento de esgoto unifamiliar em duas comunidades rurais, nos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, na Paraíba, a fim de evitar ou amenizar os problemas por ele gerados. Também foi realizada a sensibilização, com oficinas e aplicação de questionários para conhecer a percepção ambiental dos moradores das comunidades. A água do Açude Pindobal, utilizado pelas duas comunidades para lazer, irrigação, entre outros, foi coletada em três pontos, nos meses de agosto, setembro e dezembro de 2019. Foram analisados os parâmetros pH, turbidez, sólidos totais dissolvidos, condutividade, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, fosfato, fósforo total, clorofila, coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados da qualidade da água do Açude foram analisados temporal e espacialmente de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, apresentando pH e OD fora dos padrões estabelecidos, e a Portaria de Consolidação 5/2017, apresentando pH, turbidez, *E. coli* e coliformes totais fora dos padrões. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os testes ANOVA e Kruskal Wallis, a fim de verificar se houve diferenças significativas. Devido à pandemia do COVID 19, foram implantadas apenas quatro fossas ecológicas. Nenhuma apresentou problemas como mau cheiro, aparecimento de insetos ou transbordamento, tendo sido aprovadas pelas pessoas que as implantaram.

PALAVRAS-CHAVES: Poluição hídrica. Tratamento de esgoto. Saneamento ecológico. Gestão participativa.

ABSTRACT

Domestic open sewers are the reality of many places, causing soil and water pollution, bad smells, the appearance of insects and the transmission of diseases. In this context, socio-environmental technologies are presented as alternatives for the population without sewage collection, as they are financially and technologically viable. Among these technologies are ecological pits, which treat sewage at the place where it was generated. Therefore, it was proposed to use ecological cesspits of the Banana Circle type as an alternative for the treatment of single-family sewage in two rural communities, in the municipalities of Mamanguape and Rio Tinto, in Paraíba, in order to avoid or alleviate the problems generated by it. Sensitization was also carried out, with workshops and questionnaires to learn about the environmental perception of the residents of the communities. The water from the Pindobal Reservoir, used by the two communities for leisure, irrigation, among others, was collected at three points, in August, September and December 2019. The parameters pH, turbidity, total dissolved solids, conductivity, oxygen were analyzed dissolved, ammonia, nitrite, nitrate, phosphate, total phosphorus, chlorophyll, total coliforms and Escherichia coli. the results of the water quality of the weir were analyzed temporally and spatially in accordance with CONAMA Resolution 357/2005, presenting pH and OD outside the established standards, and Consolidation Ordinance 5/2017, presenting pH, turbidity, E. coli and total non-standard coliforms. Statistical analyzes were performed using the ANOVA and Kruskal Wallis tests, in order to verify if there were significant differences. Due to the pandemic of COVID 19, only four ecological pits were implanted. None of them had problems such as bad smell, the appearance of insects or overflow, having been approved by the people who implanted them.

KEYWORDS: Water pollution. Sewage treatment. Ecological sanitation. Participative management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Corte de um modelo de Círculo de Bananeiras.	30
Figura 2-Variáveis químicas dos poços antes e depois da construção das fossas ecológicas.	32
Figura 3-Mapa de localização da área de estudo, mostrando a delimitação do Açude Pindobal e os pontos de coleta.	45
Figura 4-Pontos de coleta (P1, P2 e P3) do Açude Pindobal.	47
Figura 5-Dados de pluviosidade mensal do município de Rio Tinto, PB, evidenciando meses de chuva e de estiagem.	48
Figura 6-Valores médios de pH nas três coletas realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	52
Figura 7-Valores médios de condutividade nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	53
Figura 8-Valores médios de oxigênio dissolvido nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	54
Figura 9-Valores médios de sólidos totais dissolvidos nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	55
Figura 10-Valores médios de amônia nas três coletas realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	56
Figura 11-Valores médios de nitrito nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	57
Figura 12-Valores médios de nitrato nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	58
Figura 13-Valores médios de fosfato nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	59
Figura 14-Valores médios de fósforo total por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	59
Figura 15-Valores médios de clorofila-a nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	60
Figura 16-Boxplot de concentrações de amônia ao longo do tempo (p-value = 0.00344) no Açude Pindobal.	62
Figura 17-Valores médios de pH por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	63
Figura 18-Valores médios de condutividade por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	63

Figura 19-Valores médios de oxigênio dissolvido por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.....	64
Figura 20-Valores médios de sólidos totais dissolvidos por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.....	65
Figura 21-Valores médios de amônia por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	66
Figura 22-Valores médios de nitrito por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	67
Figura 23-Valores médios de nitrato por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	67
Figura 24-Valores médios de fosfato por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	68
Figura 25-Valores médios de fosforo total por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	69
Figura 26-Valores médios de clorofila por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.	70
Figura 27-Localização da área de estudo, tendo como referência para as comunidades Pindobal e Rio do Banco as respectivas associações, bem como o Açude Pindobal.	77
Figura 28-Percentual de homens e mulheres, de acordo com a faixa etária (de 10 em 10 anos), que responderam ao questionário.....	81
Figura 29-Percentual de participantes, de acordo com o nível de escolaridade.	81
Figura 30-Percentual de participantes, de acordo com o tempo de residência na casa onde moram, em faixas de 10 anos.	81
Figura 31-Percentual de participantes, de acordo com a profissão.....	82
Figura 32-Respostas dos participantes em relação à poluição do solo (A) e da água (B) pela fossa negra.	83
Figura 33-Respostas dos participantes em relação à poluição do solo (A) e da água (B) pela água de lavagem.	83
Figura 34-Respostas dos participantes em relação ao incômodo (A) e às consequências (B) geradas pela água de lavagem.....	84
Figura 35-Opinião dos participantes a respeito da poluição da água superficial (A) e da água subterrânea (B).....	85
Figura 36-Respostas dos participantes em relação ao uso do Rio/Açude Pindobal (A) e sua conservação (B).....	85
Figura 37-Respostas dos participantes em relação ao conhecimento sobre as fossas ecológicas (A) e sobre a fossa negra (B).	86
Figura 38-Opinião dos participantes em relação à qualidade de vida na comunidade.	86
Figura 39-Aspectos ambientais que os participantes gostariam que melhorasse na comunidade.....	87

Figura 40-Respostas dos participantes em relação à ocorrência de doenças na família.	88
Figura 41-Respostas dos participantes com respeito às doenças de veiculação hídrica que já ocorreram na família.	88
Figura 42-Opinião dos participantes sobre as doenças de veiculação hídrica estarem ou não relacionadas à água de lavagem que corre a céu aberto.	89
Figura 43-Local de implantação da fossa 1, mostrando o esgoto a céu aberto antes da fossa e as fases de construção.	91
Figura 44-A fossa rudimentar foi substituída pela fossa ecológica (fossa 2).	92
Figura 45-Antes e depois da fossa 3 construída.	93
Figura 46-Fossas após 9 meses de funcionamento.	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Algumas doenças relacionadas com a água.....	21
Tabela 2-Pluviosidade nos dias de coleta (em negrito) e nos três dias que os antecederam.	48
Tabela 3-Parâmetros que foram analisados e seus métodos de análise.	49
Tabela 4-Resultados dos parâmetros turbidez, coliformes totais e E. coli (mês de abril).	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Poluição hídrica.....	18
2.1.1 Contaminação dos aquíferos	20
2.1.2 Doenças de veiculação hídrica	21
2.2 Esgotamento sanitário	23
2.2.1 Tratamento de esgotos.....	24
2.3 Conservação de rios	25
2.3.1 Saneamento ecológico	28
2.4 Qualidade de água em rios	32
2.5 Gestão Participativa	36
REFERÊNCIAS	38
Capítulo 1	43
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE PINDOBAL, EM MAMANGUAPE-PB.....	43
1 INTRODUÇÃO	43
2 METODOLOGIA.....	44
2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo	45

2.2 Material e métodos.....	46
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
3.1 Análise ambiental ao longo do tempo	51
3.1.1 Análise estatística ao longo do tempo	61
3.2 Análise ambiental ao longo do espaço.....	62
4 CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	71
Capítulo 2.....	74
GESTÃO PARTICIPATIVA A PARTIR DA APROPRIAÇÃO TECNOLÓGICA DE SISTEMA UNIFAMILIAR DE TRATAMENTO DE ESGOTO	74
1 INTRODUÇÃO	74
2 METODOLOGIA.....	76
2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo	76
2.2 Métodos e técnicas	78
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	80
3.1 Avaliação dos questionários.....	80
3.2 Implantação das fossas Círculo de Bananeiras	90
4 CONCLUSÃO.....	96
REFERÊNCIAS.....	97
CONCLUSÕES GERAIS.....	100
APÊNDICE A.....	102
APÊNDICE B.....	104
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA.....	107

APRESENTAÇÃO

Esta dissertação está apresentada por meio de uma introdução Geral e um referencial teórico, seguidos de dois capítulos publicáveis e, ao final, uma conclusão geral.

A apresentação da dissertação em capítulos segue a orientação do respectivo Programa de Pós Graduação.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A insuficiência de esgotamento sanitário leva a uma série de problemas nos âmbitos da saúde e do meio ambiente. Esgotos domésticos que não são canalizados nem tratados escoam pelas ruas até chegar ao rio mais próximo. Na zona rural, os esgotos a céu aberto formam pequenos córregos que, aos poucos, vão infiltrando no solo e alcançando o lençol freático, contaminando-o. Os rios, então, que são abastecidos por essa mesma água, também são contaminados, prejudicando todo um ecossistema que ali vive e as pessoas que dependem desses recursos.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2018), o contato direto ou indireto de água poluída por efluentes domésticos pode causar doenças gastrointestinais infecciosas, febre amarela, dengue, leptospirose, malária e esquistossomose. Geralmente, a população da zona rural e das periferias são mais vulneráveis a essas doenças, por possuírem menos acesso aos serviços de saúde e por serem locais mais negligenciados pelos representantes governamentais, contribuindo para a má qualidade de vida dos moradores.

O saneamento ecológico consiste em formas alternativas de armazenar e tratar os esgotos, sendo mais simples e mais econômicas do que os sistemas de esgotamento tradicionais. O tratamento dos esgotos por meio do saneamento ecológico ocorre no local onde o esgoto é gerado e busca reciclar a matéria orgânica, utilizando recursos e processos da própria natureza, incluindo decomposição anaeróbia, aeróbia, absorção de nutrientes e evapotranspiração (PAES et al., 2014).

As fossas ecológicas, também chamadas de fossas verdes, consistem em tecnologias socioambientais utilizadas no saneamento ecológico, as quais tratam o esgoto doméstico, evitando a contaminação do solo e da água. Alguns tipos de fossas ecológicas são o banheiro seco, a fossa biodigestora, o Tanque de Evapotranspiração (Tevap) e o Círculo de Bananeiras. No entanto, esta pesquisa aborda apenas o Tevap e o Círculo de Bananeiras, que tratam águas negras e águas cinzas, respectivamente, e não geram qualquer tipo de resíduo, líquido ou sólido. O Tevap não necessita de qualquer tipo de manutenção, e para o Círculo de Bananeiras, o manejo é apenas acrescentar madeiras quando estas começarem a se decompor, sendo ambas são de baixo custo.

A comunidade Pindobal encontra-se na zona rural do município de Mamanguape, no estado da Paraíba, ficando adjacente à comunidade Rio do Banco, que pertence ao município de Rio Tinto. Ambas as comunidades são abastecidas pelo lençol freático e utilizam o Açude Pindobal para balneabilidade e outras atividades, como lavagem de roupas. A água que sangra do açude atravessa algumas propriedades, servindo como fonte para irrigação e aquicultura, até chegar ao Rio Mamanguape.

O interesse em utilizar as fossas ecológicas como solução para o esgotamento sanitário das comunidades esteve principalmente relacionado com a facilidade da tecnologia empregada, no baixo custo do Tevap e na ausência de custo no caso do Círculo de Bananeiras. Além disso, o interesse na preservação do meio ambiente e no bem estar da população motivaram a pesquisa, servindo esta como exemplo para ser aplicada em outros lugares, incluindo áreas urbanas que sejam desprovidas de esgotamento sanitário, evitando, assim, doenças de veiculação hídrica e desconfortos gerados pelo mau odor e pela presença de insetos e roedores associados a essas águas cinzas que vertem a céu aberto.

A escolha da área de estudo ocorreu principalmente pela preocupação com o uso do açude de forma banear, associado à ausência de coleta e tratamento de esgoto, em que as águas cinzas alcançam os ecossistemas aquáticos, e, também, por se tratar do município onde a pesquisadora reside. Além disso, por se tratar de área rural, um local menos assistido pelos governantes, de população carente e dependente dos próprios recursos hídricos, essa pesquisa torna-se uma forma de conscientizar a população sobre a conservação desses recursos e vem a contribuir para o local.

Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar a qualidade de água do Açude Pindobal e avaliar a aplicabilidade de fossas ecológicas como alternativa para o esgotamento sanitário nas comunidades Pindobal e Rio do Banco, no município de Mamanguape na Paraíba.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a qualidade da água do Açude Pindobal, em relação à Resolução CONAMA 357/2005 e à Portaria de Consolidação 5/2017;

- Sensibilizar os moradores das comunidades Pindobal e Rio do Banco para os problemas socioambientais da falta de esgotamento sanitário adequado; e
- Propor e incentivar a diminuição de esgotos a céu aberto nas comunidades Pindobal e Rio do Banco, por meio da utilização de fossas ecológicas.

A pesquisa apresentou duas hipóteses:

H1 - O Açude Pindobal não se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria de Consolidação 5/2017;

H2 - A sensibilização dos moradores desperta o interesse da comunidade em ajudar na preservação do meio ambiente e na melhoria da sua própria qualidade de vida.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Poluição hídrica

A Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, Política Nacional do Meio Ambiente, define poluição como:

a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; ou lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (BRASIL, 1981, Art. 3).

Os recursos hídricos (rios, lagos, açudes, aquíferos e oceanos) têm sofrido, ao longo dos anos, com a poluição proveniente de esgotos domésticos e industriais que não são tratados corretamente, além de insumos agrícolas e fezes de animais de pastagens que são carreados com as chuvas até o corpo hídrico mais próximo, afetando os ecossistemas e a saúde da população (ANA, 2013).

O êxodo rural e a urbanização não planejada sempre foram apontados como os principais motivos para a poluição hídrica (REBOUÇAS, 2001). À medida que a população urbana foi crescendo, também foi aumentando a carga de esgotos domésticos que precisavam ser canalizados e tratados adequadamente (TUCCI, 2008).

De acordo com von Sperling (2018), a poluição hídrica pode ser pontual, quando atinge de forma concentrada no espaço, como a descarga de esgoto de uma comunidade ou de uma indústria em um rio, ou difusa, quando adentra o corpo de água distribuído ao longo de parte da sua extensão, como é o caso dos agroquímicos lixiviados pela água da chuva até os rios.

A eutrofização constitui um fenômeno causado pelo acúmulo de nutrientes no ambiente aquático, especialmente nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes são originados, principalmente, da poluição proveniente da agricultura e da pecuária, além dos esgotos domésticos (OLIVEIRA, 2012). Quando esses nutrientes se acumulam no corpo hídrico, ocorre a proliferação exagerada de algas e de macrófitas (plantas aquáticas), podendo ocupar toda a superfície da água, impedindo que a luz solar penetre na água. Sem luz, não há fotossíntese pelas microalgas, principais produtoras primárias aquáticas e, conseqüentemente, não há produção de oxigênio no meio aquático. Com a falta de oxigênio na água, todos os seres aeróbios, como os peixes, morrem, gerando mau cheiro e impossibilidade de uso direto (VON SPERLING, 2018).

Esse processo era muito comum quando as usinas de cana-de-açúcar despejavam o vinhoto nos rios diretamente, causando a eutrofização e grande mortalidade em peixes (PEREIRA, 2009). Quando um corpo hídrico está eutrofizado, pode apresentar coloração esverdeada, interferindo na estética do local. Além disso, as algas que se proliferam apresentam alta toxicidade, como no caso das cianobactérias, podendo causar doenças carcinogênicas e até a morte de pessoas e animais (LEAL e SOARES, 2004).

O controle da eutrofização pode ocorrer por meio de medidas preventivas, por meio da redução das fontes externas, e corretivas, com atuação no corpo hídrico, envolvendo processos mecânicos, químicos ou biológicos (THOMANN E MUELLER, 1987; VON SPERLING, 1995; ESTEVES, 1998). Essas medidas também podem ser adotadas em ambientes aquáticos que estão poluídos, mas que não chegaram a eutrofizar. De qualquer forma, é importante tratar, primeiramente, as fontes externas de poluição, com o tratamento dos esgotos domésticos e industriais, de forma preventiva e depois, aplicar as medidas corretivas.

Os corpos hídricos possuem uma capacidade natural de diluir e assimilar a matéria orgânica, por meio de bactérias aeróbias decompositoras, que utilizam o

oxigênio dissolvido na água para a sua respiração, ao mesmo tempo em que degradam a matéria orgânica, estabilizando-a. Esse fenômeno é denominado autodepuração. Entretanto, dependendo da quantidade de poluentes, pode ultrapassar essa capacidade e o corpo hídrico não conseguir mais assimilar a matéria orgânica. Quanto maior a turbulência do corpo de água, maior será a sua capacidade de autodepuração, tendo em vista que maior é a diluição dos poluentes e mais oxigênio passa do ar para a água. Além disso, ambientes lóticos (com fluxo) conseguem carrear os poluentes para jusante, facilitando a autodepuração (VON SPERLING, 2018).

A falta de esgotamento sanitário e de tratamento adequado dos esgotos no Brasil contribui demasiadamente para a contaminação dos recursos hídricos. As áreas rurais e periurbanas, geralmente, são as últimas a receberem atenção por parte dos órgãos municipais, sendo comum encontrar esgotos a céu aberto formando córregos nas ruas e nos quintais das casas, atraindo insetos e roedores, que muitas vezes transmitem doenças.

2.1.1 Contaminação dos aquíferos

A água subterrânea corresponde a 97% de toda a água doce em estado líquido presente no planeta e é responsável pela maior parte da alimentação dos corpos hídricos superficiais, principalmente em períodos de estiagem (VON SPERLING, 2018). O Instituto Trata Brasil (2019) mostrou que 17,7% dos brasileiros são atendidos por fontes subterrâneas, enquanto a maior parte (82,3%) são atendidos por fontes hídricas superficiais.

Por se encontrar confinada, a água subterrânea pode ser considerada mais protegida de contaminações do que a água superficial, que fica exposta. Entretanto, os aquíferos podem ser contaminados por efluentes que são lançados no solo e vão infiltrando até atingir o lençol freático, ao mesmo tempo que o excesso de adubos usados na agricultura tem aumentado alguns nutrientes nas águas dos lençóis freáticos. Biguelini e Gumy (2012) registraram em 32,35% de amostras de águas de poços, no sudoeste do Paraná, valores de nitrato superiores a 10 mg.L⁻¹, ultrapassando o valor máximo permitido pela legislação. Silva (2019), analisando a

água em 30 poços, registrou contaminação por coliformes em 80% deles, na zona rural de Santa Rita, Paraíba. Isso demonstra que o uso do lençol freático deve ser acompanhado de uma gestão ambiental adequada, para garantir a qualidade de água para o consumo.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2020), a falta de esgotamento sanitário pode causar a degradação e a contaminação dos aquíferos, como poços, por exemplo, tornando mais comum as doenças de veiculação hídrica, pois, muitas vezes, a população precisa ter o próprio poço em suas residências e acabam contaminados pelas suas próprias fossas.

2.1.2 Doenças de veiculação hídrica

Segundo Miotto (2009, p. 15), “as águas contaminadas por fezes humanas e de animais de sangue quente podem disseminar fácil e rapidamente, através dos moluscos cultivados, um grande número de enfermidades, principalmente gastroenterites”. Além de prejudicar o meio ambiente, a poluição hídrica está diretamente relacionada com a proliferação de doenças, principalmente nos lugares mais pobres, onde a população carente é mais vulnerável.

Doenças de veiculação hídrica são aquelas transmitidas através do contato ou da ingestão de água poluída por esgotos contendo microrganismos patogênicos. Entre elas estão as doenças diarreicas agudas (amebíase, giardíase, gastroenterite, entre outras), cólera, febre tifoide, hepatite infecciosa, ascaridíase, teníase, ancilostomíase, leptospirose e esquistossomose (TRATA BRASIL, 2019). Outras doenças, como a dengue, a febre amarela ou a malária, também estão relacionadas com a água, pois são transmitidas pela picada de mosquitos que se reproduzem na água. A tabela 1 mostra algumas dessas doenças, assim como sua descrição e transmissão.

Tabela 1-Algumas doenças relacionadas com a água.

Doença	Descrição/Transmissão
Doenças Diarreicas Agudas	Consiste num grupo de doenças infecciosas gastrointestinais, as quais possuem como sintoma marcante forte diarreia (ou disenteria).

	É transmitida por diferentes microrganismos infecciosos (bactérias, vírus e outros parasitas, como os protozoários) presentes em água e alimentos contaminados.
Febre tifoide	Consiste numa infecção grave, causada pelo contato ou ingestão de água ou alimentos que contenham a bactéria <i>Salmonella typhi</i>
Cólera	É causada pelo micróbio <i>Vibrio cholerae</i> e é transmitida, principalmente, por meio da água contaminada.
Hepatite infecciosa	A transmissão ocorre por meio do contato com água contendo o vírus da Hepatite A.
Dengue	O vírus da dengue é transmitido pela fêmea do mosquito <i>Aedes aegypti</i> , que se reproduz em água parada, independentemente de ser uma água limpa ou não.
Ancilostomíase (Amarelão ou doença do Jeca Tatu)	Consiste numa infecção intestinal, transmitida pelo contato com fezes humanas contaminadas por nematódeos, e são transmitidas por meio da pele, geralmente os pés, em locais com solo ou água contaminados com as larvas.
Leptospirose	Bactéria <i>Leptospira</i> , presente na urina de animais (principalmente ratos) infectados
Esquistossomose	Contato com água infectada pelas cercárias do <i>Schistosoma mansoni</i> , o qual é parasita do caramujo do gênero Biomphalaria.

Fontes: COPASA (2011), FUNASA (2013); INSTITUTO TRATA BRASIL (2017).

Para von Sperling (2018, p. 200), “as bactérias do grupo coliforme são utilizadas como indicadores de contaminação fecal, ou seja, indicam se uma água foi contaminada por fezes e, em decorrência, se apresenta uma potencialidade para transmitir doenças”.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2019), só no ano de 2017 foram registrados 2.340 óbitos decorrentes dessas doenças no país, sendo que desde 2010 não ocorreu nenhuma melhora significativa no número de mortes.

De maneira geral, essas doenças possuem como forma de prevenção evitar o uso de fontes contaminadas, proteger os corpos hídricos, adotar medidas de esgotamento sanitário, além de combater o hospedeiro intermediário ou os insetos transmissores (quando for o caso) e eliminar fontes de água parada (HELLEN E MOLLER, 1995, *apud* VON SPERLING, 2018).

As águas poluídas com excesso de nutrientes (fósforo e nitrogênio), podem conter cianobactérias que liberam toxinas, causando doenças aos seres humanos. O contato direto pode resultar em vários problemas no corpo. Além disso, a ingestão de água com cianobactérias tóxicas pode provocar sintomas como náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreias, entre outros (COPASA, 2011).

Sá et al. (2010) afirmaram que já houve diversos registros de morte por envenenamento de pessoas e animais, pela ingestão ou contato com essas florações tóxicas, como exemplo, os autores citam o caso que aconteceu em Caruaru-PE, em fevereiro de 1996, quando houve a morte de 60 pacientes de hemodiálise devido à presença de hepatotoxinas na água utilizada. Segundo os autores, são o tipo mais comum de intoxicação envolvendo cianobactérias, destacando-se as microcistinas, as quais podem causar severos danos ao fígado.

2.2 Esgotamento sanitário

A Constituição de 1988, Art. 23, inciso VI, afirma que “é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas” e, também, “promover programas de construção de moradias e a melhoria das condições habitacionais e de saneamento básico”, como consta no inciso IX do mesmo artigo (BRASIL, 1998).

De acordo com a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, o esgotamento sanitário é “constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente” (BRASIL, 2007, Art. 3). Entretanto, muitas vezes, os órgãos públicos não colocam isso como prioridade em suas agendas, pensando no bem-estar da população ou até mesmo numa futura economia em gastos com saúde pública. Além disso, o fato de ser um problema histórico e crônico no país, dificulta ainda mais a melhoria da qualidade de tais serviços, pois é cultural o lançamento de águas cinzas na rua e as fossas serem vazadas.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2018), o índice de atendimento total de esgoto no Brasil corresponde a uma média de 53,2%, significando 107,5 milhões de pessoas atendidas com o esgotamento sanitário. Do total de esgoto gerado, apenas 46,3% é tratado. O Nordeste possui um dos piores índices de atendimento de esgoto do país, com 28% e trata apenas 36,24% do esgoto gerado. Isso mostra a necessidade de haver mais investimento na área, além de cobrança da sociedade, pois nem sempre o esgotamento sanitário que muitos municípios afirmam possuir é realmente completo, abrangendo todas as etapas corretamente, desde a coleta até o seu tratamento e disposição final. Na maioria das vezes é apenas tratamento secundário com as lagoas de estabilização.

O Instituto Trata Brasil (2019), num estudo feito sobre o *Ranking* do Saneamento, apontou que, nas maiores cidades do país, são poucos os municípios que tratam mais de 80% dos esgotos. Geralmente, as áreas rurais são ainda mais negligenciadas, colocadas em segundo plano pelas agendas políticas municipais. Ao mesmo tempo, é onde os ecossistemas aquáticos são mais afetados, por receberem os esgotos sem nenhum tratamento, degradando os rios, açudes e estuários. Em muitas cidades o esgoto é coletado pelas Prefeituras, direcionado para canais e enviado para os ambientes aquáticos. É onde os ecossistemas aquáticos são mais afetados, por receberem os esgotos sem nenhum tratamento, degradando os rios, açudes, estuários e ambiente costeiro.

2.2.1 Tratamento de esgotos

Os esgotos podem ser tratados no local onde foi gerado, como é o caso dos sistemas unifamiliares, que ocorrem principalmente nas áreas rurais; ou nas Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs), onde ocorre o tratamento de grande quantidade de efluentes, geralmente de uma cidade inteira ou parte dela (CETESB, 2018).

O esgoto sanitário é formado pela combinação dos esgotos doméstico e industrial, da água de infiltração e da água da chuva (TONETTI et al., 2018). Recomenda-se tratar os efluentes industriais na própria indústria, devido a certos poluentes que não são tratados numa ETE convencional. De acordo com von Sperling (2018, p. 261), “a remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o

lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de nível do tratamento e eficiência do tratamento”.

Os níveis de tratamento que podem ocorrer numa ETE são (von Sperling, 2018):

- Preliminar: remove sólidos grosseiros e parte da matéria orgânica;
- Primário: remove sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica;
- Secundário: remove matéria orgânica, por meio dos mecanismos biológicos, e eventualmente nutrientes;
- Terciário: remove poluentes específicos e aqueles que não foram removidos no tratamento secundário.

Nas áreas rurais, o tipo mais comum de destinação dos esgotos é a fossa rudimentar (ou fossa negra), que consiste em um buraco, sem fundo impermeabilizado, permitindo a infiltração da parte líquida do esgoto no solo (TONETTI et al., 2018). Para a fossa, geralmente, vai apenas o efluente do vaso sanitário, enquanto o restante do esgoto doméstico é lançado a céu aberto, no solo, ao lado das casas.

Diferente da fossa rudimentar, a fossa séptica (ou tanque séptico) é impermeabilizada, impedindo que os dejetos infiltrem no solo. Apesar de ser uma solução alternativa para as áreas rurais, é necessário haver a limpeza periódica da fossa, o que exige condições financeiras para contratar um caminhão limpa-fossa e a população rural, em sua maioria, não possui renda para isso. Além disso, é necessário associá-la a outra fossa ou outro tipo de tratamento, para que o esgoto seja tratado (TONETTI et al., 2018).

2.3 Conservação de rios

De acordo com a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, conservação da natureza constitui:

O manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, para que possa produzir o maior benefício, em bases sustentáveis, às atuais gerações, mantendo seu potencial de satisfazer as

necessidades e aspirações das gerações futuras, e garantindo a sobrevivência dos seres vivos em geral (BRASIL, 2000, Art. 2).

Percebe-se, a partir desse conceito, que a conservação envolve a preservação e a restauração ou a recuperação, dependendo do objetivo. Tais conceitos também se encontram na mesma lei:

- Preservação: “conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem a proteção a longo prazo das espécies, habitats e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais”;
- Restauração: “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”;
- Recuperação: “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”.

A partir desses conceitos, pode-se inferir que a conservação de um rio é utilizá-lo de modo que os seres que nele vivem não sejam prejudicados e que outras gerações também possam utilizá-lo. Nos dias de hoje, a importância da conservação dos rios está atrelada à necessidade de melhorar a qualidade de água para consumo, pesca ou irrigação.

Existem diversas formas de conservar um rio, de maneira a manter em equilíbrio a biota que nela habita. Quando se trata de um rio que já está poluído, convém associar a sua utilização com a despoluição, de maneira a melhorar a sua qualidade, seja para restituí-lo a sua condição original (restaurar) ou a uma condição diferente da original (recuperar).

O ecossistema aquático rio é composto por seres bióticos, como peixes, microrganismos, algas, macrófitas, entre outros, e abióticos, como água, areia, seixos, entre outros. Cada elemento que compõe o ecossistema possui determinada importância, de modo que são interligados e dependentes entre si. Um exemplo é o seixo do rio, que serve como substrato para o biofilme (conjunto de microrganismos que adere a uma superfície), o qual, por sua vez, degrada a matéria orgânica, auxiliando na limpeza do ambiente aquático, produz oxigênio, para as espécies aeróbias respirarem e serve de alimento para algumas espécies presentes.

Essas interações entre os elementos de um ecossistema são chamadas de funções ecossistêmicas e, quando essas funções geram benefícios para os seres humanos, são chamados de serviços ecossistêmicos (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003). Segundo a Plataforma Intergovernamental da Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, 2016), tais serviços são classificados em três categorias: serviços de regulação, como as florestas que ajudam na regulação da qualidade do ar, por meio da captura de gases de efeito estufa; serviços de provisão, como frutos, animais, madeira, água, tudo para consumo do ser humano; e culturais, entre os quais pode-se citar parques ecológicos e praias para turismo, recreação, apreciação estética, entre outros.

Outro termo relacionado com os serviços dos ecossistemas é o de serviços ambientais, que corresponde às atividades humanas que levam à conservação ou à melhoria dos ecossistemas (IPBES, 2016). Por exemplo, a restauração de um rio por meio do controle da entrada de esgotos não tratados constitui um serviço ambiental que gera o retorno do equilíbrio dos *habitats* ali presentes.

A restauração de um rio pode ocorrer, segundo Esteves (2011), por meio de métodos físicos, como a retirada de macrófitas aquáticas (remoção manual ou mecânica) e sombreamento; métodos químicos, como herbicidas (atualmente proibido), floculação e cobertura do sedimento; métodos biológicos, como a eliminação de biomassa por herbívoros (zooplâncton, moluscos e peixes). Entretanto, alguns desses métodos não são muito adequados, pois podem gerar outros problemas a longo prazo, como os herbicidas, que podem matar espécies que não são o foco e inserir toxinas no meio aquático; também, a cobertura do sedimento, que pode matar o biofilme e eliminar substratos específicos usados por organismos como os macroinvertebrados bentônicos para viverem.

Outras técnicas de restauração são mais recomendadas, como a biorremediação, que consiste em utilizar microrganismos para a remoção de poluentes tóxicos de algum ecossistema aquático, sendo bastante viável, pois possibilita a minimização dos impactos antropogênicos e a restauração da sua condição natural (CARNEIRO e GARIGLIO, 2010). Alguns processos usados na biorremediação são: bioestimulação, bioaumentação e fitorremediação.

A bioestimulação consiste em introduzir nutrientes orgânicos e/ou inorgânicos no meio, estimulando, assim, as atividades dos microrganismos ali presentes (JACQUES et al., 2007). A bioaumentação, segundo Fernandes (2012), consiste na inoculação de seres externos, que podem ser nativos ou exógenos, esses últimos podendo causar desequilíbrio ambiental. Já na fitorremediação, utiliza-se plantas para a recuperação de um ambiente.

Outros exemplos que podem ser usados na restauração aquática são as *wetlands* artificiais, os jardins flutuantes, o biofilme e a recuperação natural.

As *wetlands* constituem um sistema formado por macrófitas (fitorremediação) que, junto com o biofilme que adere nas suas raízes, auxiliam na remoção de nutrientes e matéria orgânica no rio. O biofilme também pode aderir em substratos artificiais, sem associação com as macrófitas, como é o caso de cortinas de plástico na água (CRISPIM et al., 2009). Contudo, como afirma Marinho (2018), em paralelo com quaisquer dessas ações de restauração, é importante realizar educação ambiental e saneamento básico, a fim de diminuir a quantidade de poluentes que alcançam o sistema aquático. Já na recuperação natural, não há intervenção humana, deixando que o próprio ambiente se recupere sozinho. Atualmente, isso é difícil de ocorrer, porque os impactos negativos não param.

2.3.1 Saneamento ecológico

Os esgotos domésticos podem ser contidos e tratados de outras maneiras que não sejam por meio do saneamento básico tradicional. Uma delas é o saneamento ecológico, que aborda soluções mais simples e econômicas, além de tratar os efluentes no local gerado (PAES et al., 2014). A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, em seu Art. 45, parágrafo 1º, diz que:

Na ausência de redes públicas de saneamento básico, serão admitidas soluções individuais de abastecimento de água e de afastamento e destinação final dos esgotos sanitários, observadas as normas editadas pela entidade reguladora e pelos órgãos responsáveis pelas políticas ambiental, sanitária e de recursos hídricos (BRASIL, 2007, Art. 45).

Algumas dessas soluções individuais para o tratamento de esgotos são abordadas pelo saneamento ecológico, proposto pela permacultura, os quais, de acordo com Galbiati (2009), possuem como ideia em comum o conceito de ciclagem de água e de nutrientes, envolvendo sistemas com plantas.

Esrey e Andersson (2005) afirmaram que o saneamento ecológico busca reciclar os nutrientes contidos nos dejetos humanos, minimizando, assim, a necessidade de recursos externos e reduzindo a liberação de resíduos do sistema para o meio ambiente, ao contrário do saneamento convencional, que pode transferir os problemas para o meio ambiente ou para as comunidades que vivem rio abaixo.

Os benefícios da reciclagem de nutrientes estão, primeiro, em evitar a contaminação causada por águas negras nos mananciais e demais ecossistemas e, segundo, em reduzir a necessidade de fertilizantes industriais ao solo e às plantas, pois esses nutrientes se encontram na forma ideal para serem absorvidos pelas plantas (ESREY et al., 1998).

Uma das formas de tratar os esgotos por meio do saneamento ecológico é utilizando as fossas ecológicas, as quais constituem uma tecnologia socioambiental, com viabilidade técnica e financeira, pois possuem custo menor do que as convencionais, além de simples construção e manutenção. Outra vantagem é a diminuição da sobrecarga de esgotos nas Estações de Tratamento de Esgotos.

A Lei nº 11.445 (Brasil, 2007), afirma que, no estabelecimento da Política Nacional de Saneamento Básico, deve haver, entre outras medidas, fomento à adoção de tecnologias apropriadas, além da garantia de meios adequados para o atendimento da população rural, com soluções compatíveis com suas condições sociais e econômicas. Sendo assim, as fossas ecológicas se encaixam, muitas vezes, como a melhor alternativa de tratamento de esgotos, principalmente para áreas rurais, apesar de também poderem ser empregadas em áreas urbanas desprovidas de saneamento.

Marinho et al. (2018, p. 3) afirmaram que “isso não requer a construção de redes de esgoto e de estações de tratamento de esgoto, o que torna extremamente barata a implantação de tratamento de esgotos por uma prefeitura, viável quer seja em área urbana, seja em área rural”.

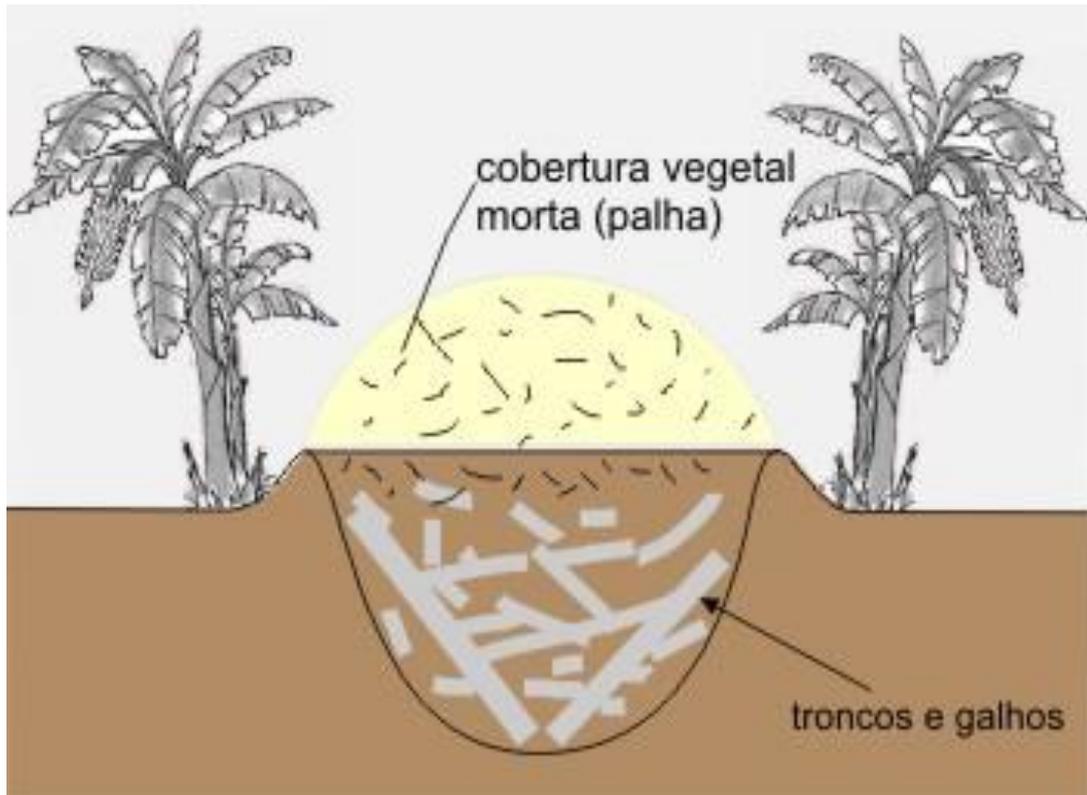
Alguns exemplos de fossas ecológicas são: banheiro seco compostável, sistemas alagados construídos, fossas biodigestoras, Tanque de Evapotranspiração (Tevap) e Círculo de Bananeiras.

O Círculo de Bananeiras, utilizado nesta pesquisa, é feito para receber as águas cinzas da casa, ou seja, aquelas provenientes das pias da cozinha e do banheiro, do tanque de lavar roupa e do chuveiro. Geralmente, é construído em associação com o Tevap, que por sua vez, é feito para a destinação das águas negras, que são aquelas provenientes do vaso sanitário, contendo fezes e urina. Entretanto, também pode-se associar o Círculo de Bananeiras com outros tipos de fossas que possam receber as águas negras.

A sua estrutura (Figura 1) é formada por uma cavidade, em forma de cilindro, com 1,5 m³ de volume (para uma família de 3 a 5 pessoas), o qual é preenchido com troncos e galhos, e coberto com madeira e palha para impedir a entrada de luz e da água da chuva, e ao redor são plantadas bananeiras (VIEIRA, 2006). Nesse substrato, os microrganismos degradadores (bactérias e fungos) ficam aderidos, formando o biofilme, o qual fará a degradação dos nutrientes.

Dependendo do tipo de solo, Vieira (2006) indica adicionar uma camada de argila para retardar a infiltração. Outro fator que pode interferir na eficiência e no ciclo de vida do Círculo de Bananeiras é a presença de gorduras; para isso, o autor indica uma caixa de gordura ou não dispor dejetos gordurosos na pia. Essa fossa possui harmonia paisagística e não gera efluentes, além de ter o aproveitamento das bananas. Tendo em vista que sempre haverá água para as bananeiras, não necessita de irrigação, sendo uma alternativa viável também para a região semiárida, para reuso de águas.

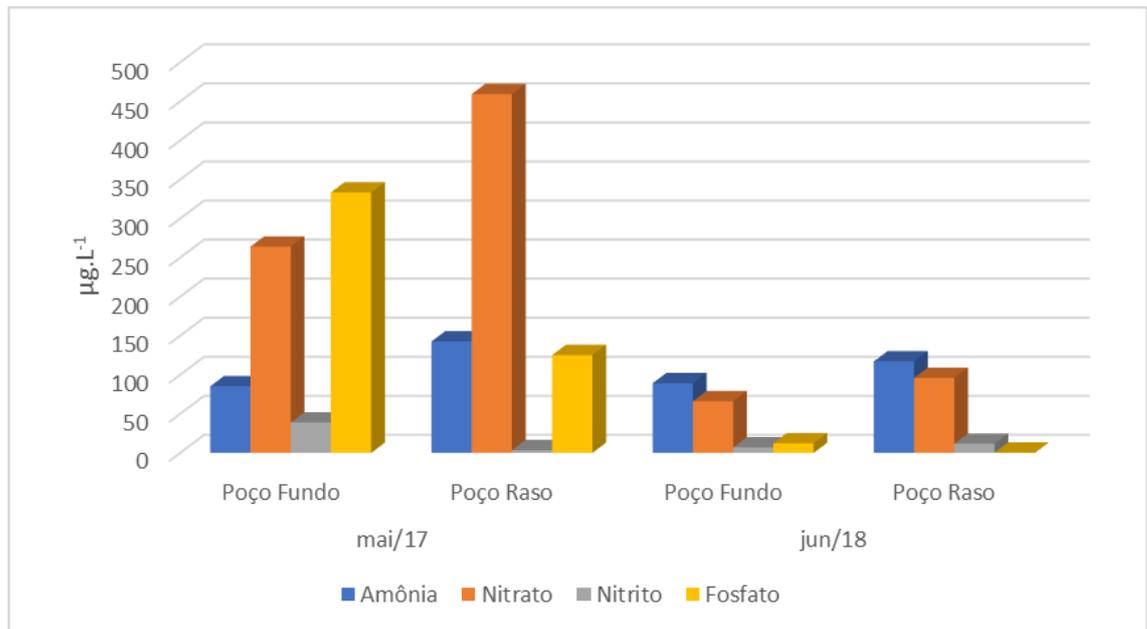
Figura 1-Corte de um modelo de Círculo de Bananeiras.



Fonte: VIEIRA (2006).

Marinho (2018), em sua dissertação, estudou o melhoramento da qualidade da água de rios urbanos em João Pessoa-PB, utilizando a biorremediação, isto é, o tratamento feito pelos organismos vivos, como acontece nas fossas ecológicas. Para isso, foram implantadas fossas ecológicas (TEvap em associação com o Círculo de Bananeiras) em residências cujos efluentes poluíam o Rio do Cabelo e o lençol freático. Marinho *et al.* (2018) demonstraram o efeito positivo dessas fossas na qualidade da água subterrânea, por meio das análises dos parâmetros amônia, nitrato, nitrito e fosfato em dois poços, um fundo (30 m) e outro raso (12 m), como mostra a Figura 2.

Figura 2-Variáveis químicas dos poços antes e depois da construção das fossas ecológicas.



Fonte: Marinho *et al.* (2018).

Não foram encontrados trabalhos que utilizaram somente o Círculo de Bananeiras, mostrando, assim, a contribuição dessa pesquisa para a bibliografia. Em contrapartida, há um número considerável de trabalhos que utilizaram o TEvap.

2.4 Qualidade de água em rios

De acordo com Guedes *et al.* (2010), a qualidade da água pode ser avaliada por um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Sendo assim, os parâmetros de qualidade da água, quando analisados conjuntamente, servem para avaliar uma determinada amostra de água, a fim de saber se a mesma está, ou não, apropriada para determinado objetivo.

Os parâmetros de qualidade da água podem ser classificados em físicos (como cor, turbidez, condutividade, entre outros), químicos (tais como pH, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos, nitrogênio, fósforo, oxigênio dissolvido, entre outros) e biológicos (como bactérias, vírus, fungos, protozoários, entre outros). A seguir, aborda-se alguns desses parâmetros, cuja referência utilizada foi VON SPERLING (2018).

- Temperatura

Mede a intensidade de calor e sua elevação altera as reações químicas, físicas e biológicas, diminui a solubilidade dos gases na água, como o oxigênio dissolvido, liberando-o para a atmosfera. Sua unidade de medida é o °C.

- pH

Representa a concentração de íons hidrogênio H^+ na água, causado pela presença de sólidos ou gases dissolvidos, podendo indicar condição de acidez (pH abaixo de 7), neutralidade (pH igual a 7) ou alcalinidade (pH entre 7 e 14). Pode ter origem natural (através da dissolução de rochas, da absorção de gases atmosféricos, da oxidação da matéria orgânica ou da fotossíntese) ou antropogênica (por meio da oxidação da matéria orgânica em efluentes domésticos ou até da lavagem ácida de tanques em indústrias). Valores de pH afastados da neutralidade pode afetar a biota aquática.

- Condutividade

É a capacidade que a água possui de transmitir a corrente elétrica por meio de íons (cátions e ânions). A sua origem está na dissociação de substâncias que se encontram dissolvidas na água. É medida em $\mu S/cm$. Em ambientes de água doce deve ser o mais baixo possível.

- Turbidez

Representa o grau de interferência com a passagem de luz, causada pelos sólidos em suspensão na água, que podem ter origem natural ou antropogênica. Como interfere na passagem de luz, pode prejudicar a fotossíntese. A unidade de medida é uT (Unidade de Turbidez). Deve ser o mais baixa possível.

- Oxigênio Dissolvido (OD)

É utilizado pelos seres aeróbios presentes na água para a sua respiração, inclusive pelas bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Quando há muita matéria orgânica para ser decomposta, as bactérias precisam de muito oxigênio, diminuindo, assim, a sua concentração no meio, podendo levar a condições anaeróbias (ausência de oxigênio), causando a morte de peixes e outros organismos aeróbios. O OD pode ter origem natural (dissolução do oxigênio atmosférico, fotossíntese das algas) ou antropogênica (aeração artificial, fotossíntese em ambientes eutrofizados). É medido em mg/L. Abaixo de 4 mg.L⁻¹ está fora dos valores mínimos propostos pela Resolução CONAMA 357/2005.

- Fósforo total e fosfato

O fósforo pode ter origem natural ou antropogênica e é dividido em orgânico (ligado à matéria orgânica) e inorgânico (orto e polifosfatos). A grande quantidade desses compostos na água gera o crescimento de algas, podendo causar a eutrofização nos corpos aquáticos. Quando em equilíbrio com o nitrogênio e o carbono, possui grande importância no desenvolvimento dos microrganismos, inclusive aqueles responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. É medido em mg/L.

- Amônia, nitrito e nitrato

A amônia pode estar na forma livre (NH₃), sendo essa tóxica aos peixes, ou na forma ionizada (NH₄⁺). Quando oxidada, a amônia transforma-se em nitrito (NO₂⁻), que, por sua vez, vira nitrato (NO₃⁻) na presença de oxigênio. A presença da amônia num corpo hídrico pode estar associada à poluição recente de esgotos domésticos, enquanto a poluição mais remota está associada à presença de nitrato na água. Esses constituintes nitrogenados tem origem nos despejos domésticos e industriais, nos excrementos dos animais e nos fertilizantes. A quantidade excessiva desses nutrientes em rios ou lagos pode causar a eutrofização. “O nitrogênio na forma de

nitrato está associado a doenças como a metemoglobinemia (síndrome do bebê azul)” (VON SPERLING, 2018, p. 34). A unidade de medida é mg/L.

- Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)

Os sólidos presentes na água são classificados, de acordo com as características físicas, como dissolvidos, coloidais e em suspensão. Os sólidos dissolvidos são as partículas de menores dimensões (diâmetro inferior a 10^{-3} μm), capazes de passar por um papel de filtro de tamanho especificado.

- Coliformes totais (CT)

Estão presentes em fezes humanas e de animais de sangue quente. Sua presença pode indicar, ou não, a presença de esgotos domésticos no ambiente, pois também estão presentes em água e solos não contaminados. Também, não indica necessariamente haver microrganismos patogênicos.

- *Escherichia coli* (EC)

É a principal bactéria do grupo de coliformes termotolerantes, os quais também constituem indicadores de contaminação fecal. Estão presentes em abundância nas fezes humanas e de animais e sua presença é a única que dá a garantia de contaminação exclusivamente fecal. Constitui um tipo de bactéria enteropatogênica, que causa gastroenterite, cujo principal sintoma é a diarreia. Sua transmissão é feco-oral, ou seja, está relacionada com a água e com a higiene. Faz parte dos microrganismos parasitos, os quais constituem a única categoria patogênica, ou seja, capaz de causar doenças aos seres humanos e aos animais.

A Resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece a classificação dos corpos de água e os padrões dos parâmetros de qualidade da água de acordo com cada classe. As águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, dependendo da sua destinação. De maneira geral, as primeiras classes são as mais conservadas, necessitando de tratamentos simples para o consumo, por

exemplo. À medida que vai se aproximando da classe 4, a qualidade da água vai piorando, sendo possível sua utilização apenas sem haver o contato direto ou com tratamento avançado. Muitos corpos hídricos não possuem classificação feita pelo órgão ambiental responsável, dificultando a avaliação da qualidade da água.

A Portaria de Consolidação nº 05/2017 trata dos padrões de potabilidade necessários para haver controle e vigilância corretos da qualidade de água para o consumo humano. Sendo assim, o foco maior são os parâmetros microbiológicos, os quais podem interferir na saúde do ser humano.

2.5 Gestão Participativa

De acordo com a Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007), os municípios devem elaborar seus planos de saneamento dentro de uma visão integrada com a participação da sociedade. Essa participação é extremamente importante nas decisões da gestão ambiental, pois pondera os conhecimentos técnicos e científicos com o senso comum e a realidade da população.

A gestão participativa consiste em inserir a população nas soluções dos problemas onde ela reside. Segundo Masson (2004, p. 30):

Este novo estilo (com a participação da sociedade) deve ter como princípio geral o estímulo à participação interativa, em que as pessoas possam participar de forma cooperativa interagindo, construindo e analisando de forma conjunta para dar origem às novas organizações e sistemas de aprendizados envolvendo múltiplas perspectivas.

Quando as pessoas são engajadas, principalmente a população carente, que é posta em segundo plano nas decisões governamentais, sentem-se peças importantes para solucionar o problema e, assim, o interesse em querer fazer algo para ajudar se torna maior.

De acordo com Scaramussa e Henkes (2014), a sociedade deve participar das soluções em relação ao saneamento, com a discussão dos problemas, buscando as alternativas mais adequadas e analisando os custos de implantação, operação e de manutenção. Entretanto, muitas vezes, a população não tem interesse em se engajar porque não sabe a importância daquele projeto para a saúde e o bem estar da sua

família. As razões para o desestímulo à participação vão desde o comodismo dos agentes públicos, à defesa de interesses contrários à população, pela falta de cobrança e controle social, por desconhecimento da população, por falta de cidadania e conhecimento de direitos e deveres.

Na busca por soluções ambientais, é importante, primeiramente, a gestão administrativa local conhecer a percepção ambiental daquela comunidade, a fim de complementar com oficinas e palestras as lacunas de conhecimento que não são preenchidas nas escolas. De acordo com Masson (2004), a percepção ambiental é um processo que permite a interação subjetiva do indivíduo com o meio onde vive.

Geralmente, nas áreas rurais, a percepção ambiental da população é restrita à experiência de vida dos moradores, com certos tipos de conhecimentos que podem ser importantes nas pesquisas científicas. Entretanto, segundo Scaramussa e Henkes (2014, p. 311), “no imaginário dos moradores, a manilha, a vala, o córrego e a fossa que transborda constituem o único sistema de esgoto conhecido”. Aumentando, assim, as percepções dos atores envolvidos, fica mais fácil desenvolver as atividades de saneamento junto às famílias rurais. Infelizmente, culturalmente a população entende essas formas de esgotamento sanitário como “normais”, não entendendo a consequência desses impactos em ambientes aquáticos, nem na própria saúde.

Muitas vezes, a implantação de uma tecnologia ambiental de saneamento não é respeitada numa comunidade porque não há a inclusão dos habitantes. Por isso, é importante haver a apropriação da tecnologia por parte dos indivíduos, de maneira que eles possam entender como construir e para que servem, a fim de passar aquilo para outras pessoas.

Masson (2014) considera fracas as ações locais que possam levar ao processo participativo. Entretanto, as experiências participativas devem ser vistas de maneira positiva pelos municípios, uma vez que as propostas de ação coletiva geralmente tendem a economizar recursos e produzem um resultado melhor, principalmente quando as pessoas se apropriam da tecnologia socioambiental. “O poder público não poderá, unilateralmente, atuar de forma satisfatória: depende diretamente da conscientização e, por via de consequência, da participação do cidadão em todo processo de gestão do meio ambiente” (LOBATO, 2000, p. 322).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cuidando das águas**. Brasília, 2013. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-Solucao2aEd.pdf>. Acesso em: 03 fev. 2021.

BIGUELINI, C. P. e GUMY, M. P. Saúde Ambiental: índices de nitrato em águas subterrâneas de poços profundos na região sudoeste do Paraná. **Revista Unioeste**, v. 14, n. 20, p. 153-175, 2012. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/fazciencia/article/viewFile/8724/6724>. Acesso em: 03 fev. 2021.

BRASIL. Lei n. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 02 set. 1981. Seção 1, p. 16509. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1980-1987/lei-1981-6938-31-agosto-1981-366135-exposicaodemotivos-1-pl.html>. Acesso em: 14 abr. 2020.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 05 jun. 2020.

_____. Lei n. 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**. Brasília, 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/arquivos/decreto-11445.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2020.

_____. Sistema Nacional de informações sobre saneamento. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Esgotamento Sanitário – 2018**. Brasília: SNIS, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-esgotamento-sanitario>. Acesso em: 06 jun. 2020.

_____. 3º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública. Fundação Nacional de Saúde. Brasília: **Funasa**, 2013. 256 p. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/iiccaderno_pesquisa_2.pdf. Acesso em: 20 mai. 2020.

_____. Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de

Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, 19 jul. 2000. Seção 1, p. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm#:~:text=LEI%20No%209.985%2C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs.&text=Art.,-1o%20Esta. Acesso em: 09 jun. 2020.

CARNEIRO, D.; GARIGLIO, L. A Biorremediação como Ferramenta para a Descontaminação de Ambientes Terrestres e Aquáticos. **Rev. Tecer**, v. 03, p. 82-95, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276859728_A_Biorremediacao_como_Ferramenta_para_a_Descontaminacao_de_Ambientes_Terrestres_e_Aquaticos. Acesso em: 11 jun. 2020.

COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Eng Sanit Ambient**, v. 23, n. 4, p. 801-810, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n4/1809-4457-esa-23-04-801.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2020.

COPASA. **Água não tratada é porta aberta para várias doenças**. Minas Gerais. 2011? Disponível em: http://www.copasa.com.br/media2/PesquisaEscolar/COPASA_Doen%C3%A7as.pdf. Acesso em: 20 mai. 2020.

CRISPIM, M. C.; VIEIRA, A. C. B.; COELHO, S. F. M.; MEDEIROS, A. M. A. Nutrient uptake efficiency by macrophyte and biofilm: practical strategies for small-scale fish farming. **Acta Limnol. Bras.**, João Pessoa, v. 21, n. 4, p. 387-391, 2009.

ESREY, S. A.; ANDERSSON, I. Saneamento ecológico: fechando o ciclo. **Revista de Agricultura Urbana – Saneamento Ecológico**, n. 3, 2005. Disponível em: <https://www.ruaf.org/sites/default/files/AU3saneamentoecologico.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

ESREY, S. A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J.; WINBLAD, U. **Saneamiento Ecológico**, tr. da edição em inglês Ecological Sanitation. Agencia Sueca de Cooperación para el desarrollo Internacional - SIDA, Estocolmo, 1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

_____. Restauração de Ecossistemas Lacustres. In: Esteves F.A. (Coord.). **Fundamentos de Limnologia**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de Tanque de Evapotranspiração**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. Disponível em:

<http://fazenda.ufsc.br/files/2017/02/2009-GALBIATTI-Tratamentode-aguas-negras-por-tanque-de-evapotranspiracao.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2020.

GUEDES, T. O. ; LIRA, N. B. ; BARBOSA, L. R. ; GADELHA, C. L. M. ; NEVES, C. A. ; Anjos, R. H. J. **Avaliação da qualidade da água do rio Mamuaba/pb através do Índice de Qualidade da Água de Baskarán (IQAB)**. In: anais do X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Fortaleza, 2010.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **O cenário do uso das águas subterrâneas no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/05/30/o-cenario-do-uso-das-aguas-subterraneas-no-brasil/>. Acesso em: 02 mai. 2020.

_____. **Ranking do Saneamento - 2019**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 06 jun. 2020.

_____. **Conheça as principais doenças que o saneamento básico previne**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/08/07/doencas-saneamento-basico-previne/>. Acesso em: 12 mar. 2020.

_____. **Águas Subterrâneas: saneamento e saúde**. 2020. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2020/02/27/aguas-subterraneas-saneamento-e-saude/>. Acesso em: 10 mai. 2020.

_____. **Internações de doenças por veiculação hídrica no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2019/05/21/internacoes-de-doencas-por-veiculacao-hidrica-no-brasil/>. Acesso em: 15 mai. 2020.

_____. **Doença da dengue: confira algumas dicas e previna-se**. 2017. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2016/12/07/doenca-da-dengue-previna-se/>. Acesso em: 20 mai. 2020.

IPBES. International Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. **Serviços dos ecossistemas**. 2016. Disponível em: <https://ipbes.net/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Rev. Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782007000400049&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 11 jun. 2020.

LEAL, A. C.; SOARES, M. C. P. Hepatotoxicidade da cianotoxina microcistina. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop.**, Uberaba, v. 37, supl. 2, p. 84-89, 2004. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822004000700013&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 25 de abr. 2020.

LOBATO, A. O. C. Uma gestão ambiental participativa: a difícil simbiose entre o público e o privado. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C. (Orgs.). **Minas do**

Camaquã: um estudo multidisciplinar. São Leopoldo: Unisinos, 2000. p. 317-335. Disponível em: <https://braunerlobato.files.wordpress.com/2013/01/lobato-2000-ambiental.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MARINHO, R. S. A. **Biorremediação para o melhoramento da qualidade da água em rios urbanos em João Pessoa-PB:** efeitos na ictiofauna. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MARINHO, R. S. A.; OLIVEIRA, F. M. F.; CRISPIM, M. C. **Influência de Tanque de Evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático.** 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, João Pessoa, 2018.

MASSON, I. **A gestão ambiental participativa:** possibilidades e limites de um processo de múltiplas relações. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis (SC), 2004. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/87278/205417.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 jun. 2020.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being:** a framework for assessment. Washington, DC: Island, 2003. 245 p. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/en/index.html>. Acesso em: 09 jun. 2020.

MIOTTO, L. A. **Coliformes termotolerantes e Enterococcus sp em ostras e águas salinas utilizadas para cultivo de moluscos bivalves na Baía Sul da Ilha de Santa Catarina, Santa Catarina - Brasil.** 2009. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - UFSC, Florianópolis, 2009.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Rio de Janeiro: ABES, 1997. 280 p.

OLIVEIRA, J. N. P. **A influência da poluição difusa e do regime hidrológico peculiar do semiárido na qualidade da água de um reservatório tropical.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/15992/1/JoseNPO DISSERT.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2020.

PAES, W. M.; CRISPIM, M. C.; FURTADO, G. D. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. **Rev. Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 8(1), p. 226-247, 2014.

PEREIRA, B. A. **Agroindústria canavieira:** uma análise sobre o uso da água na produção sucroalcooleira. 2009. 182 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – CDS/UnB, Brasília, 2009. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4531/1/2009_BrunoAlvesPereira.pdf. Acesso em: 22 abr. 2020.

REBOUÇAS, A. C. Água e desenvolvimento rural. **Estud. av.**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 327-344, Dec. 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142001000300024&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 fev. 2021. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142001000300024>.

SÁ, L. L. C.; VIEIRA, J. M. S.; MENDES, R. A.; PINHEIRO, S. C. C.; VALE, E. R.; ALVES, F. A. S.; JESUS, I. M.; SANTOS, E. C. O.; COSTA, V. B. Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). **Revista Pan-Amaz Saude**, Ananindeua, v. 1, n. 1, p. 159-166, 2010. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232010000100022&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 02 jun. 2020.

SÃO PAULO. Governo do estado de São Paulo. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/posgraduacao/wp-content/uploads/sites/33/2018/07/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Polui%C3%A7%C3%A3o-das-%C3%81guas.pdf>. Acesso em: 08 jun. 2020.

SCARAMUSSA, S. M.; HENKES, J. A. R. A utilização do sistema condominial de esgotamento sanitário como política pública para universalização do atendimento com redes de esgotos: o exemplo clássico do Distrito Federal. **Rev. Gest. Sust. Ambient.**, Florianópolis, v. 3, n. 1, p. 310-339, 2014.

SILVA, A. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de santa rita – PB e propostas de melhoria**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – CCEN/UFPB, João Pessoa, 2019. Disponível em: https://sig-arq.ufpb.br/arquivos/20190822469cf71384218a53286fa145b/ANDRA_DOS_SANTO_S.pdf. Acesso em: 02 mai. 2020.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control**. New York: Harper & Row, 1987.

TONETTI, A. L.; BRASIL, A. L.; MADRID, F. J. P. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L. M. O.; DUARTE, N. C.; FERNANDES, P. M.; COASACA, R. L.; GARCIA, R. S.; MAGALHAES, T. M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca Unicamp, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, 2018. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/pls/portal/!PORTAL.wwpob_page.show?_docname=2639660.PDF. Acesso em: 08 jun. 2020.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estud. av.**, São Paulo, v. 22, n. 63, pág. 97-112, 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200007&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 03 fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200007>.

TURECK, C. R.; OLIVEIRA, T. M. N. Sustentabilidade ambiental e maricultura. **Revista Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 2, p. 22-26, 2003.

VIEIRA, I. 2006. **Círculo de Bananeiras**, Setelombas: Estação de Permacultura. Disponível em: <https://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras/>. Acesso em: 17 jun. 2020.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2018. 470 p.

_____. _____. 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1995. 243 p.

Capítulo 1

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE PINDOBAL, EM MAMANGUAPE-PB

1 INTRODUÇÃO

Esgotos domésticos e industriais contribuem especialmente com a poluição dos recursos hídricos, pois muitas vezes são lançados no corpo hídrico mais próximo, com tratamento insuficiente ou *in natura*. Essa poluição afeta não apenas os ecossistemas aquáticos como também a saúde da população. Doenças como amebíase, giardíase, gastroenterite, ascaridíase, teníase, ancilostomíase, leptospirose e esquistossomose são algumas que podem ser transmitidas através do contato ou ingestão de água contaminada por esgotos domésticos (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

As águas cinzas, chamadas popularmente de águas de lavagem, possuem grandes quantidades de nutrientes (compostos que contêm nitrogênio e fósforo) provenientes de sabões e detergentes (EMBRAPA, 2019). Ao se acumularem no corpo hídrico, podem causar a eutrofização, que consiste na proliferação de plantas aquáticas e morte dos organismos vivos por anoxia (falta de oxigênio). Esse fenômeno ocorre principalmente em ambientes lânticos, como lagos, açudes e represas, pois são mais favoráveis ao desenvolvimento de macrófitas (PORTO, 1991; VON SPERLING, 1995). Teoricamente, as águas cinzas não contêm patógenos, mas existe a chance de haver a contaminação, através da água do banho de indivíduos doentes, por exemplo.

As águas negras, provenientes do vaso sanitário, contendo basicamente fezes e urina, são aquelas mais prováveis de conter microrganismos patogênicos, geralmente presentes nas fezes de pessoas doentes. Elas podem contaminar os recursos hídricos, principalmente o lençol freático, por meio de fossas rudimentares.

De acordo com von Sperling (2018, p. 216), “o processo de eutrofização pode ocorrer também em rios, embora seja menos frequente, devido às condições ambientais serem mais desfavoráveis para o crescimento de algas e outras plantas, como turbidez e velocidades elevadas”. No entanto, devido ao excesso de poluentes orgânicos, muitos rios atualmente estão eutrofizados, principalmente os que correm em áreas urbanizadas, com o crescimento excessivo de plantas aquáticas flutuantes, principalmente as espécies *Eichornnia crassipes*, popularmente conhecida como água pé e *Pistia stratiotes*, conhecida como alface d’água (HONGJIE et al., 2016).

O Açude Pindobal, localizado na zona rural do município de Mamanguape, constitui uma fonte de lazer para as comunidades locais, Pindobal e Rio do Banco, principalmente para balneabilidade. Além disso, possui um sangradouro artificial, por meio do qual a população que reside a jusante pode desfrutar da água para irrigação e aquicultura. Entretanto, o açude fica à mercê dos esgotos das casas que correm a céu aberto, principalmente em épocas de chuva, a qual carrega as águas de lavagem para dentro do açude. Além disso, as fossas negras, comum nas casas das comunidades, consistem em fonte de contaminação indireta para o açude, através da contaminação da água subterrânea.

Diante disso, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade de água do açude em relação a alguns parâmetros limnológicos e com relação à balneabilidade, tendo em vista a sua utilização pelas comunidades para banho e lazer. Esses dados serão utilizados como auxílio para possíveis estudos futuros no local. A hipótese de pesquisa testada (H1) foi a de que o Açude Pindobal não se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e pela Portaria de Consolidação 5/2017.

2 METODOLOGIA

2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

A área de estudo se delimita ao Açude Pindobal (Figura 3), localizado na divisa entre as comunidades Pindobal (município de Mamanguape) e Rio do Banco (município de Rio Tinto).

Figura 3-Mapa de localização da área de estudo, mostrando a delimitação do Açude Pindobal e os pontos de coleta.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O Açude Pindobal é utilizado pelos moradores das duas comunidades para lazer e lavagem de roupas. Ainda assim, o açude é pouco valorizado pelos usuários, os quais jogam lixo, como plásticos, garrafas e latas. Contudo, a coleta de resíduos na comunidade Rio do Banco é feita por meio de um carro que passa pelas casas semanalmente, enquanto em Pindobal, ocorre duas vezes na semana.

O açude possui uma espécie de sangradouro artificial que o impede de transbordar nas épocas de chuva. A água que sangra segue um trajeto passando por

várias casas até chegar ao Rio Mamanguape. Essas casas utilizam a água para irrigação e criação de peixes.

O Rio Mamanguape deságua no mar, na Barra de Mamanguape, no município de Rio Tinto, e faz parte da Área de Proteção Ambiental da Barra do Rio Mamanguape, que abrange uma rica biodiversidade, principalmente no estuário, onde ainda há espécies como o peixe-boi. O Rio Mamanguape possui importância para os pescadores e indígenas que dependem da pesca para o seu sustento, assim como é um importante local para a produção de ostras (MARINHO, 2019).

2.2 Materiais e métodos

Foram realizadas três coletas no Açude Pindobal, uma em agosto, outra em setembro e outra em dezembro de 2019. Pelo fato de se tratar de um açude pequeno e estreito, decidiu-se coletar as amostras em apenas três pontos, sendo eles P1, P2 e P3 conforme apresentado na Figura 4. Devido à dificuldade de acesso a uma das margens do açude, os pontos não ficaram bem distribuídos. Porém, representam, basicamente, o início do Açude (P3), o meio (P2) e o ponto mais próximo do sangradouro (P1).

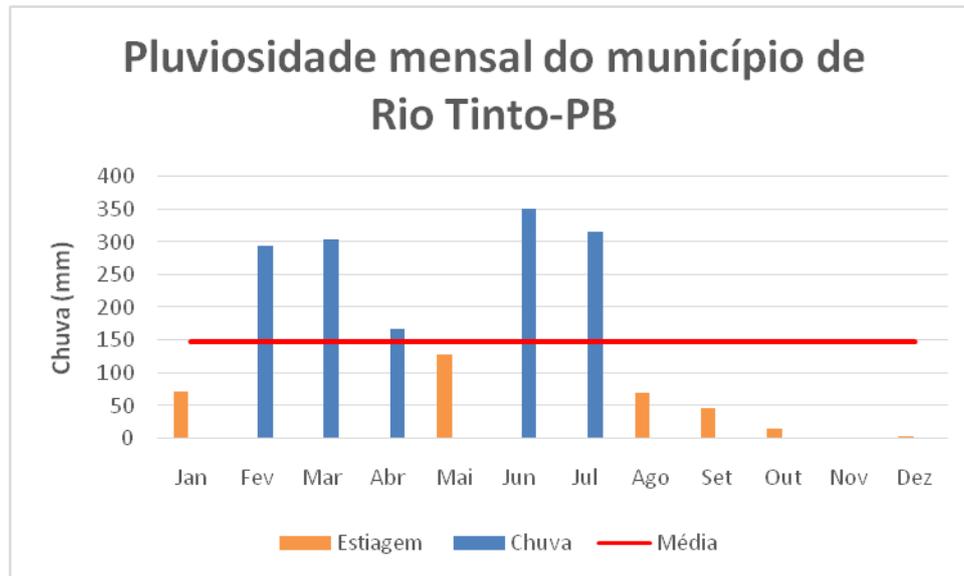
Figura 4-Pontos de coleta (P1, P2 e P3) do Açude Pindobal.



Foto: Elaborado pelo autor, 2020.

De acordo com os dados da Aesa (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba), esses três meses foram de estiagem, já que a pluviosidade esteve abaixo da média mensal (Figura 5). Apesar de o Açude Pindobal se localizar entre os municípios de Mamanguape e Rio Tinto, optou-se por pegar os dados de Rio Tinto, pelo fato de a água do açude ser proveniente de um rio nesse município. Foi escolhido o período de estiagem para analisar a qualidade da água do açude para evitar a influência das chuvas na diluição dos poluentes. Apesar do período ser de estiagem, foram levantados os dados de chuva nos dias de coleta, bem como nos três dias anteriores (Tabela 2), a fim de verificar alguma correlação entre a presença de chuva e os dados de qualidade de água.

Figura 5-Dados de pluviosidade mensal do município de Rio Tinto, PB, evidenciando meses de chuva e de estiagem.



Fonte: AESA, 2019.

Tabela 2-Pluviosidade nos dias de coleta (em negrito) e nos três dias que os antecederam.

Data	Chuva (mm)	Data	Chuva (mm)	Data	Chuva (mm)
20/08/2019	0	21/09/2019	7,5	30/11/2019	0
21/08/2019	0	22/09/2019	4,2	01/12/2019	0
22/08/2019	0	23/09/2019	2,2	02/12/2019	0
23/08/2019	5,2	24/09/2019	0	03/12/2019	0

Fonte: AESA, 2019.

As amostras de água foram coletadas e armazenadas em frascos de polietileno (capacidade de 1 litro) e mantidas dentro de isopor com gelo durante o transporte. No mesmo dia de coleta, era realizada a filtragem de parte da amostra no Laboratório de Ecologia Aquática da UFPB, para posterior análise. A amostra filtrada era utilizada nas análises dos parâmetros nitrito, nitrato, fosfato e amônia.

A metodologia utilizada nas análises foi a recomendada pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Waster Water* (CLESCERI et al., 1998). A temperatura, o pH, a condutividade, os sólidos totais dissolvidos e o oxigênio dissolvido foram obtidos *in loco*, por meio de uma sonda multiparâmetro da marca

Horiba (Tabela 3). Outros parâmetros, como coliformes totais, *Escherichia coli* e turbidez foram obtidos de um relatório da prefeitura de Mamanguape.

Tabela 3-Parâmetros que foram analisados e seus métodos de análise.

Parâmetro	Método
Amônia	Fenol (CLESCERI et al., 1998)
Nitrato	Coluna de redução de cádmio (CLESCERI et al., 1998)
Nitrito	Colorimétrico (CLESCERI et al., 1998)
Fosfato	Ácido ascórbico (CLESCERI et al., 1998)
Temperatura	In loco Sonda multiparâmetro (Horiba)
pH	
Condutividade	
STD	
OD	
Coliformes totais	
<i>Escherichia coli</i>	Nefelométrico (CLESCERI et al., 1998)
Turbidez	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os parâmetros de qualidade da água foram analisados tanto ao longo do tempo (por coleta), nos três meses de coleta, quanto ao longo do espaço (por ponto), comparando-se os valores dos três pontos entre si. Para isso, utilizou-se a Resolução 357/2005 do CONAMA, comparando os parâmetros baseado na Classe 2, pois o açude é usado em diversas atividades constadas nessa classe. De acordo com a Resolução (Brasil, 2005, p. 4), na Classe 2 estão as águas que podem ser destinadas:

ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca.

A qualidade da água do açude também foi analisada de acordo com a Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, que

consta o controle da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017). Essa portaria também é utilizada pela prefeitura de Mamanguape para o monitoramento da qualidade do Açude Pindobal.

As análises estatísticas foram feitas através do *software* “R”, a fim de verificar se houve diferença significativa entre os pontos ou entre as coletas, utilizando os testes ANOVA e Kruskal Wallis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A prefeitura de Mamanguape disponibilizou apenas os resultados do mês de abril, dos parâmetros turbidez, coliformes totais e *E. coli* (Tabela 4).

Tabela 4-Resultados dos parâmetros turbidez, coliformes totais e *E. coli* (mês de abril).

	TURBIDEZ	COLIFORMES TOTAIS	ESCHERICHIA COLI
Valor de Referência	VMP: 5 uT	Ausência em 100 ml	Ausência em 100 ml
Resultado	9,08 uT	Presença	Presença
Data	14/04/2020		
Referência	PORTARIA DE CONSOLIDAÇÃO Nº 5, DE 28/09/2017		

Fonte: Prefeitura de Mamanguape, 2020.

Percebe-se que os três parâmetros estão fora do padrão estipulado pela Portaria. A turbidez, cujo resultado foi de 9,08 uT, esteve acima do valor máximo permitido, de 5 uT, prejudicando a fotossíntese pela diminuição da passagem de luz. Embora tenha sido bem próximo ao encontrado no Açude Picuí (8,1 uT), e bem abaixo do encontrado no Açude Várzea Grande (13,32 uT), ambos na Paraíba (GOMES et al., 2012).

Coliformes totais e *E. coli* foram detectados nas amostras analisadas do açude, quando deveriam estar ausentes em amostra de 100 mL. A presença de *E. coli* indica contaminação fecal de humanos e/ou de animais, que pode ocorrer durante os banhos dos moradores e de animais, através das águas cinzas contendo patógenos, da lavagem de roupas contaminadas ou até das águas negras que infiltraram no solo e chegaram ao açude por meio do lençol freático que o abastece.

Comparando com o Açude Epitácio Pessoa, também na Paraíba, Filho et al. (2020) não detectou *E. coli* nem coliformes totais em suas análises, estando de acordo com a Portaria. Analisando esses valores também de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, a turbidez se encontra dentro do padrão (abaixo de 100 uT). Coliformes totais não consta na Resolução, enquanto a *E. coli* pode ser determinada de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente, que seria a Portaria de Consolidação nº 05/2017, utilizada pela prefeitura de Mamanguape.

De acordo com a Portaria (Brasil, 2017, p. 440),

no controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

3.1 Análise ambiental ao longo do tempo

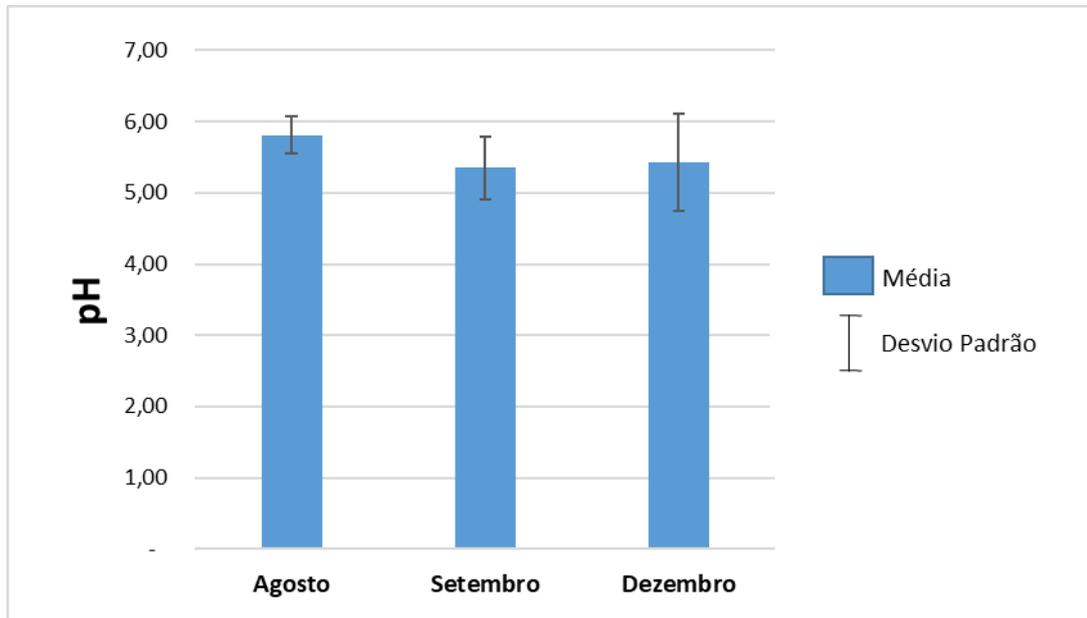
Os resultados a seguir representam as médias dos três pontos (P1, P2 e P3) analisados em cada coleta (agosto, setembro e dezembro) do Açude Pindobal.

Os valores de pH oscilaram pouco ao longo do tempo, mas estão fora dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005, que é entre 6 e 9 (Fig. 6). Além disso, devido ao pH analisado estar menor que 6, não se pode afirmar que o Açude Pindobal se enquadra à Classe 2, por não poder ser destinado à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA 274/2000, a qual exige pH entre 6 e 9 para balneabilidade (BRASIL, 2000).

Da mesma forma, o pH está em desacordo com a Portaria de Consolidação 05/2017, a qual recomenda estar na faixa entre 6,0 e 9,5. Comparando a outros açudes da Paraíba, como o Picuí e o Várzea Grande, o comportamento foi diferente, pois ambos estiveram dentro do padrão da Portaria, apresentando pH acima de 8,0 (GOMES et al., 2012).

O fato da análise de agosto ter apresentado um valor um pouco mais próximo de 6, é consequência do mês anterior ter chovido e ainda ter uma certa diluição na lagoa, após isso a chuva foi mínima e o impacto da presença de matéria orgânica (poluição) na água é mais forte, com a decomposição é liberado CO₂, que torna a água mais ácida.

Figura 6-Valores médios de pH nas três coletas realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



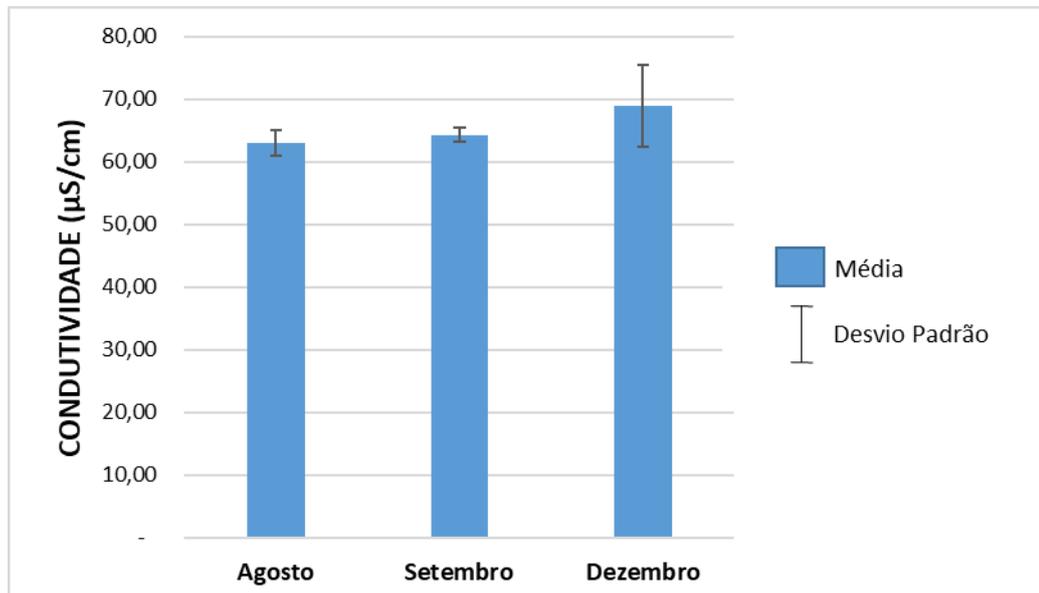
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Em relação à condutividade, verifica-se que os valores mais elevados foram no último mês analisado, o que também ocorre em resposta à ausência gradativa de chuva, que dilui os sais minerais. Com menos chuva, há maior concentração dos sais, logo a condutividade se torna mais elevada.

Nem a Resolução 357/2005 nem a Portaria de Consolidação 05/2017 estabelecem limites de condutividade (Fig. 7). Águas muito poluídas podem alcançar valores mais elevados de condutividade elétrica, como é o caso do Rio Tietê, que pode ser acima de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de estiagem (BUZELLI e CUNHA-SANTINO, 2013).

Comparando com um reservatório na zona rural de Campo Verde-MT, em que os valores oscilaram entre 5,0 e 10,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (MALHEIROS et al., 2012), verificam-se valores mais elevados no Açude Pindobal, o que pode estar relacionado ao impacto humano mais próximo.

Figura 7-Valores médios de condutividade nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.

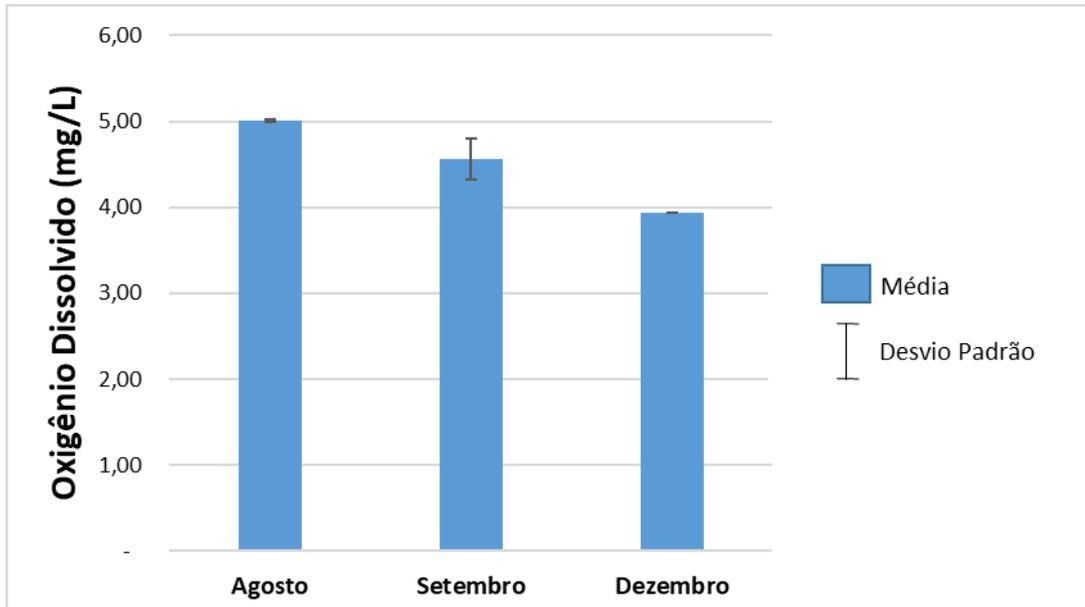


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Verifica-se uma diminuição gradativa da quantidade de oxigênio dissolvido (Figura 8) ao longo do período amostral, em que este gás dissolvido na água passa de valores de cerca de $5,0 \text{ mg.L}^{-1}$ para cerca de $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$, de agosto para dezembro. Essa diminuição de OD pode ter ocorrido devido ao aumento de matéria orgânica, que foi se concentrando devido à diminuição da chuva e ao consumo de oxigênio pelas bactérias decompositoras ao degradá-la. Isso é confirmado pela diminuição gradativa dos valores de pH ao longo do período amostral (Figura 6).

Apenas a coleta de agosto apresentou OD dentro do padrão, apesar de ter sido no limite mínimo exigido pela Resolução CONAMA 357/2005, de 5 mg/L O_2 . A Portaria de Consolidação 05/2017 não apresenta padrão para este parâmetro.

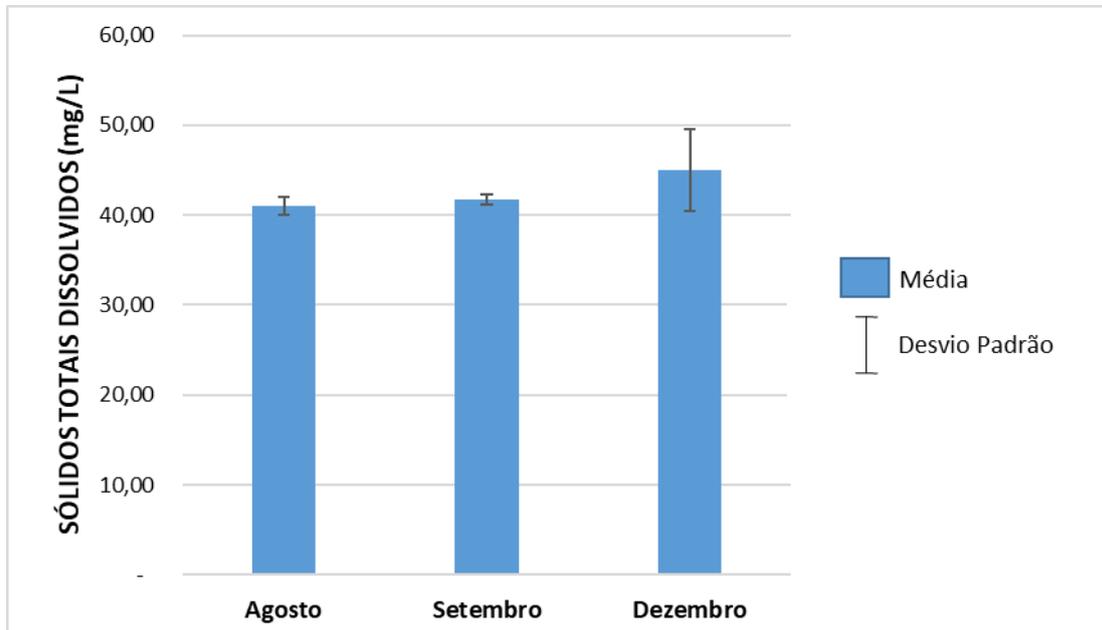
Figura 8-Valores médios de oxigênio dissolvido nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os sólidos totais dissolvidos (STD) apresentaram um padrão semelhante ao da condutividade elétrica, com aumento na última análise (Fig. 9), em virtude da diminuição das chuvas. Todos os valores encontram-se abaixo do máximo permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA (500 mg/L). Já a Portaria de Consolidação 05/2017 não apresenta limite para STD.

Figura 9-Valores médios de sólidos totais dissolvidos nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

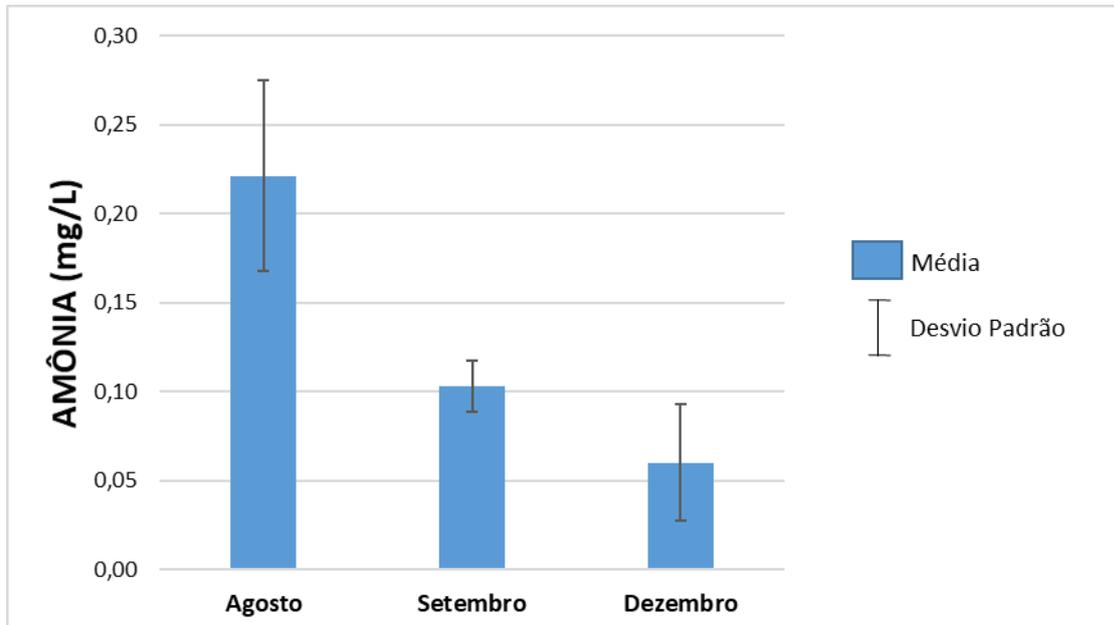
Em ambientes com menores fontes de poluição contínua, os compostos nitrogenados, em geral, assim como os compostos orgânicos, são mais adicionados num ambiente aquático em período chuvoso (VIEIRA, 2016). Além disso, na decomposição da matéria orgânica ocorre a liberação de amônia. Por isso, maiores concentrações de amônia avaliadas nas amostras do açude foram registradas na primeira coleta, logo após o período chuvoso, decrescendo em seguida (Fig. 10), devido aos processos de nitrificação, nos quais a amônia é oxidada a nitrito e, depois, em nitrato

De acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA, o valor máximo de nitrogênio amoniacal total varia de acordo com o pH. Como o pH esteve abaixo de 7,5 nas três coletas (Fig. 6), o valor máximo permitido pela regulação seria de $3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ N. Já na Portaria de Consolidação 05/2017, o valor máximo permitido de amônia é de $1,5 \text{ mg/L}$. Assim, as três coletas estão de acordo com esses padrões estabelecidos.

Comparando com outros açudes, verifica-se que as concentrações de amônia determinadas no açude Pindobal foram superiores às registradas em uma represa em área agrícola de Campo Verde-MT, em que a média foi de $0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ (MALHEIROS

et al., 2012). A proximidade do Açude Pindobal com áreas urbanizadas pode ter influenciado nessas concentrações.

Figura 10-Valores médios de amônia nas três coletas realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



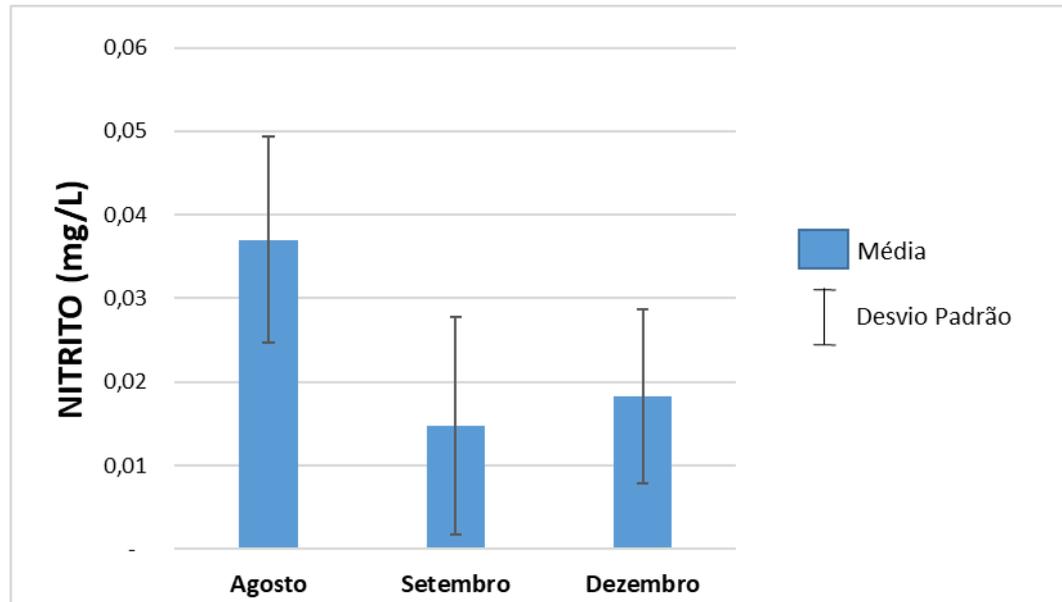
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O nitrito é um composto derivado da redução oxidativa da amônia, e seguiu o mesmo padrão da amônia de agosto para setembro, no entanto foi diferente em dezembro, que apresentou concentrações mais elevadas (Fig. 11), enquanto a amônia diminuiu. É possível que tenha havido menos oxigênio na água, o que atrasou o processo de nitrificação de nitrito para nitrato, mantendo-se na forma de nitrito. Isso é confirmado pelas menores concentrações de nitrato em dezembro (Fig. 12). Nenhum dos valores ultrapassou o máximo permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA ou pela Portaria de Consolidação 05/2017 (ambos de 1,0 mg/L N).

Comparando com outro reservatório em área rural, em Campo Verde-MT, pode-se verificar que os valores de nitrito foram bem menores no Açude Pindobal, visto que naquele as concentrações de nitrito alcançaram valores médios de 0,15 mg/L⁻¹ (MALHEIROS et al., 2012), enquanto no Açude Pindobal não ultrapassaram 0,05 mg.L⁻¹. Apesar das maiores concentrações de amônia e das menores concentrações de OD neste, o metabolismo interno permitiu menores concentrações

de nitrito, o que é positivo para o ambiente, visto que tanto a amônia quanto o nitrito são compostos tóxicos à biota.

Figura 11-Valores médios de nitrito nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



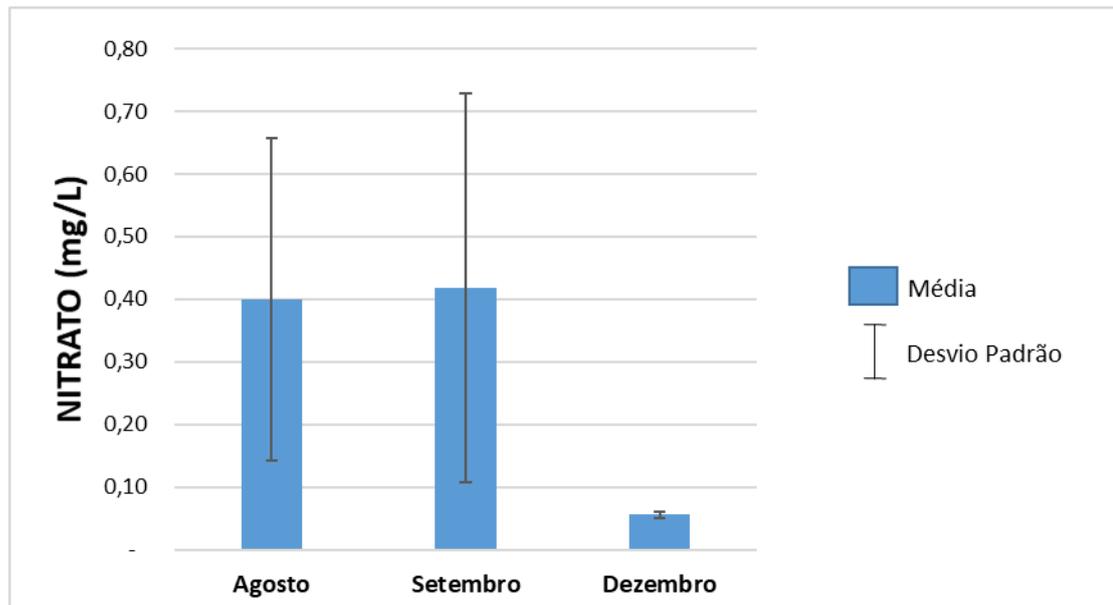
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As concentrações médias de nitrato foram semelhantes nos dois primeiros meses analisados, mas em dezembro tiveram um decréscimo (Fig. 12). Como a amônia apresentou menores concentrações em dezembro, e o oxigênio dissolvido apresentou também menores concentrações e o nitrato é um composto derivado da amônia e que usa oxigênio para a sua formação, esses dois fatores podem ter contribuído para as menores concentrações de nitrato em dezembro. Isso é corroborado pelas concentrações de nitrato que foram mais elevadas em dezembro, por ter os processos de nitrificação menos favorecidos, pelo decréscimo nas concentrações de oxigênio. Nenhum dos valores ultrapassou o máximo permitido pela Resolução 357/2005 do CONAMA ou pela Portaria de Consolidação 05/2017 (ambos de 10,0 mg/L N).

Comparando com o reservatório de Campo Verde, que apresentou médias de nitrato entre 0,03 e 0,04 mg.L⁻¹ (MALHEIROS et al., 2012), o Açude Pindobal apresentou média semelhante no mês de dezembro, já as médias de agosto e

setembro estiveram cerca de dez vezes maior em relação ao reservatório de Campo Verde. Porém, devido ao desvio padrão desses dois meses terem sido altos, os valores dos pontos podem ter sido próximos tanto do mês de dezembro, quanto do reservatório de Campo Verde.

Figura 12-Valores médios de nitrato nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.

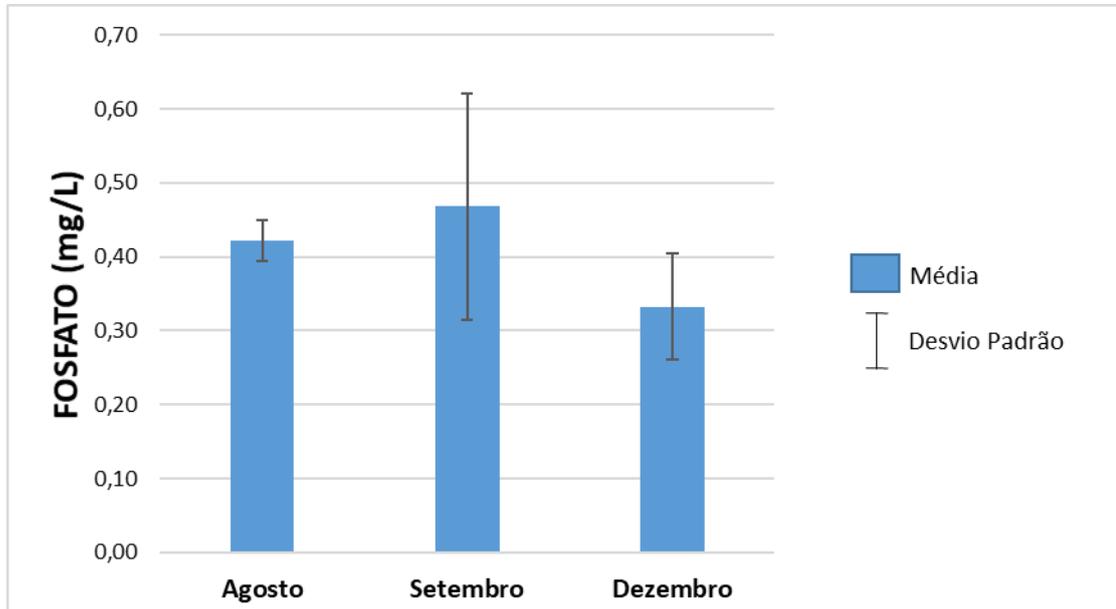


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O fosfato apresentou uma elevação da média em setembro e uma diminuição em dezembro, com relação ao mês de agosto (Fig. 13). Entretanto, a diferença entre os meses pode ser devido ao alto desvio dos meses de setembro e dezembro, havendo, assim, a possibilidade de os valores estarem próximos.

Não há limites de fosfato na Resolução 357/2005 do CONAMA ou na Portaria de Consolidação 05/2017.

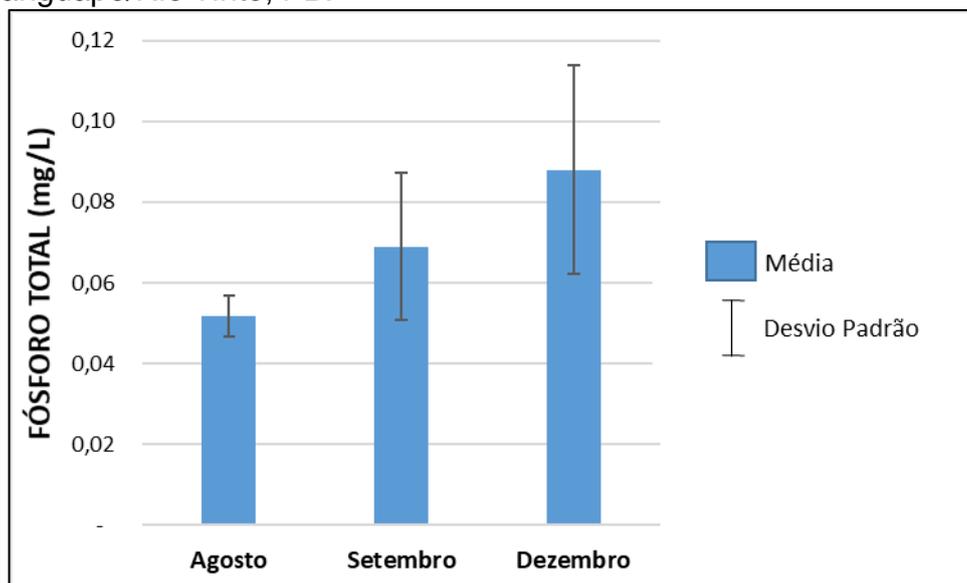
Figura 13-Valores médios de fosfato nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O fósforo total também não apresentou muitas diferenças entre os meses analisados, embora dezembro tenha apresentado concentrações mais elevadas (Fig. 14).

Figura 14-Valores médios de fósforo total por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.

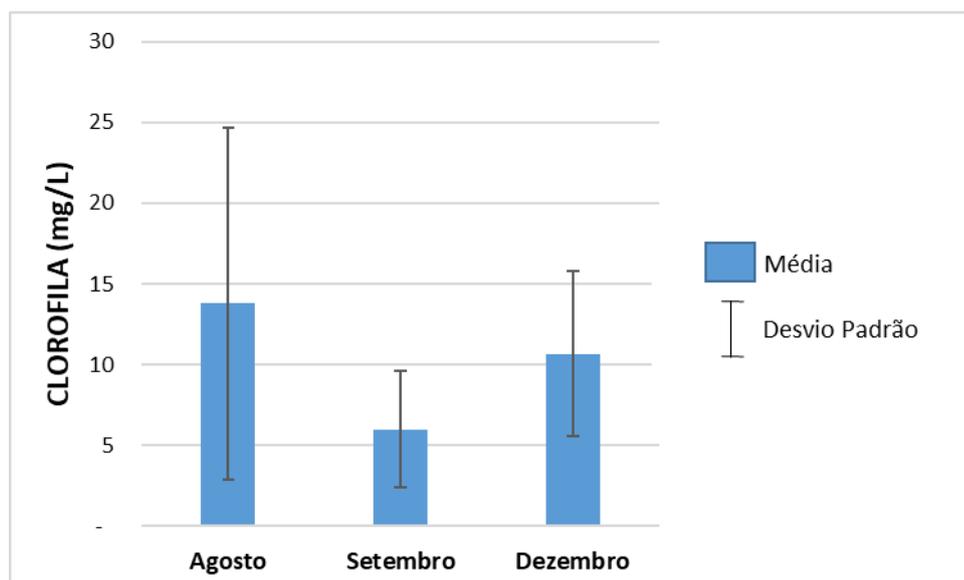


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A clorofila-a apresentou um decréscimo em setembro (Fig. 15), estando todos abaixo de 30 $\mu\text{g/L}$, que é o limite máximo pela Resolução CONAMA 357/2005. Já a Portaria de Consolidação 05/2017 não aborda limite para este parâmetro. A presença de alguma precipitação nos dias anteriores à coleta, em setembro, deve ter diluído a água, ao mesmo tempo em que um maior fluxo carrega as algas para jusante.

Apesar de as concentrações de clorofila mais elevadas em dezembro não terem conseguido afetar as concentrações de oxigênio (Fig. 8), provavelmente por ter havido aumento de consumo pela maior decomposição, podem ter influenciado nos valores de pH, por durante a fotossíntese haver absorção de CO_2 , os valores de pH tornaram-se um pouco mais elevados (Fig. 6).

Figura 15-Valores médios de clorofila-a nas três análises realizadas no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

De maneira geral, percebe-se que os parâmetros pH, OD, STD e condutividade apresentaram pequenos desvios, significando maior homogeneidade no açude, especialmente, além de médias representativas. Porém, os outros parâmetros apresentaram desvios elevados, mostrando uma maior variação da concentração desses parâmetros ao longo dos pontos do açude. Isso pode ocorrer devido a

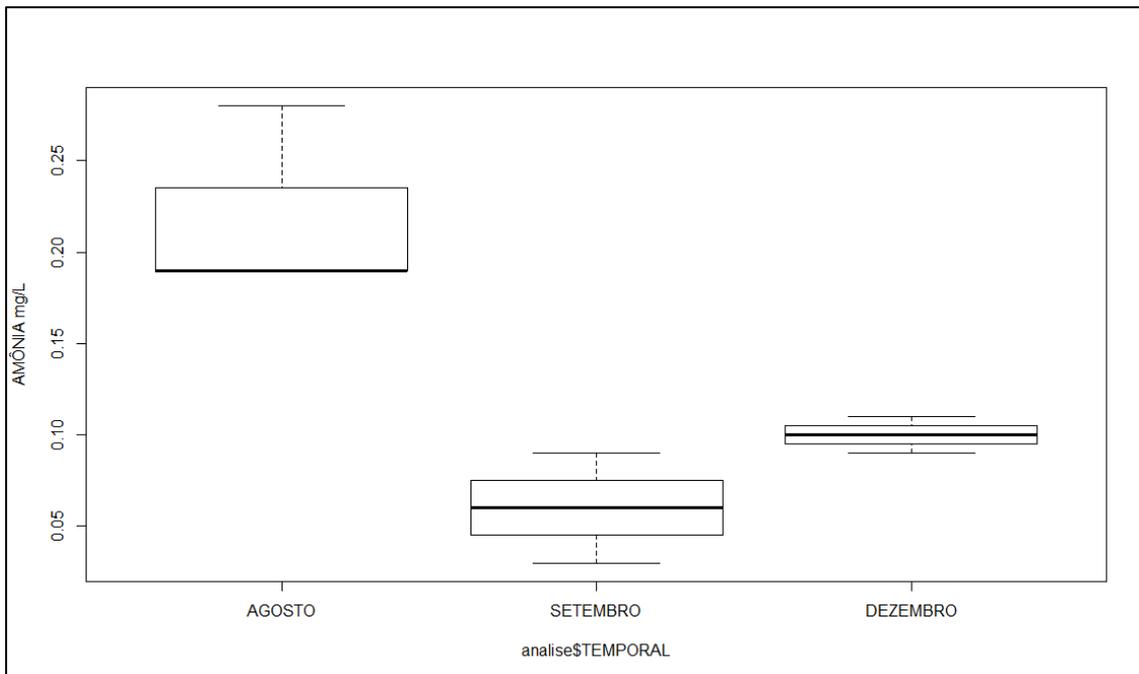
características diferentes em cada ponto: o ponto P1 é onde ocorre lavagem de roupas, fica mais próximo da saída de água pelo sangradouro e é o mais assoreado; o ponto P2 fica mais próximo do meio do açude e o ponto P3 é o mais próximo das casas e da entrada de água no açude.

Farto e Silva (2020) analisaram a qualidade das águas oriundas do Açude Araçagi e do Açude Eptácio Pessoa, ambos na Paraíba, comparando os valores dos parâmetros com a Portaria nº 5/2017. Diferentemente do Açude Pindobal, não foi detectado *E. coli* em nenhuma amostra dos dois açudes, no período monitorado (fevereiro a outubro de 2017). Os parâmetros turbidez, nitrato e amônia estiveram bem semelhantes com os encontrados no Açude Pindobal, já o pH apresentou melhores resultados (acima de 7), mesmo em épocas de estiagem. Os STD estiveram bem acima do encontrado no Açude Pindobal, com valores acima de 300 mg.L⁻¹.

3.1.1 Análise estatística ao longo do tempo

Analisando os pontos amostrais ao longo do tempo, através da análise Kruskal-Wallis, verificaram-se diferenças significativas apenas para as concentrações de amônia ($p=0,00344$) (Fig.16), e após o teste de Tukey verificou-se que o mês de agosto apresentou diferença com os meses de setembro e dezembro. O nível de significância adotado para a análise dessa variação foi de 95%. O mês de dezembro apresentou uma menor dispersão entre os dados, diferentemente do mês de agosto, no qual houve uma maior dispersão, principalmente para valores maiores. O fato de agosto ser o mês mais próximo dos meses chuvosos e receber mais matéria orgânica transportada pelas chuvas, a qual se decompõe e libera amônia, pode ser a explicação das concentrações mais elevadas, visto que os meses chuvosos apresentam maiores concentrações de amônia (VIEIRA, 2016).

Figura 16-Boxplot de concentrações de amônia ao longo do tempo (p-value = 0.00344) no Açude Pindobal.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

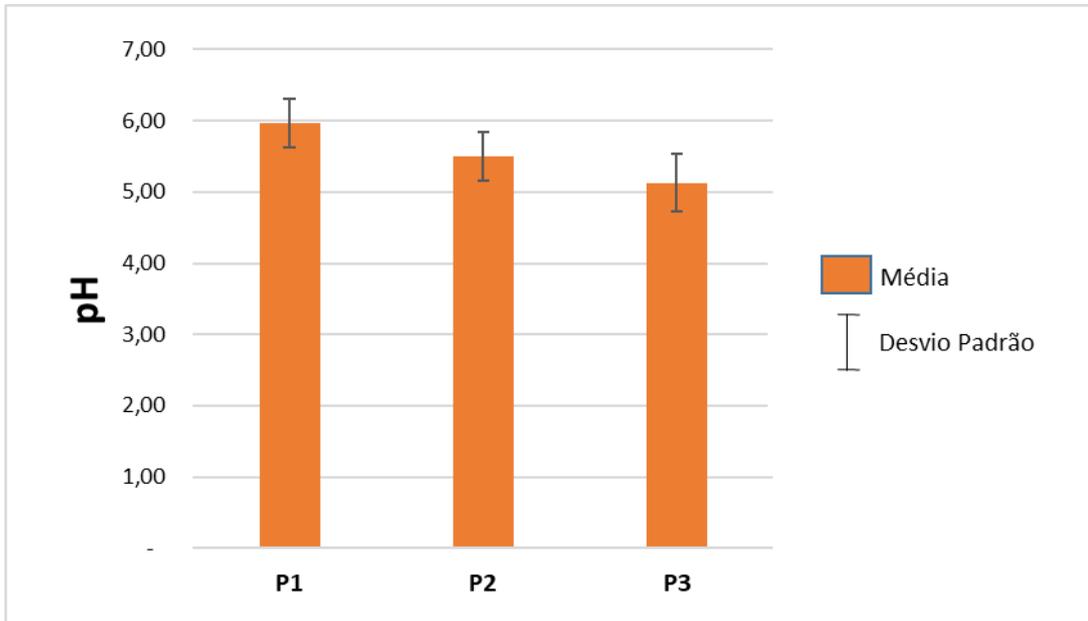
3.2 Análise ambiental ao longo do espaço

Os resultados a seguir representam as médias das coletas (em agosto, setembro e dezembro) em cada ponto de coleta do Açude Pindobal.

Os valores de pH não se alteraram muito ao longo do espaço, mas o P3 apresentou valores ligeiramente mais baixos (Fig. 17). O fato de estar mais perto da entrada de água no açude, onde recebe o rio, logo onde recebe a maior carga de poluentes, pode explicar esse menor valor. O próprio metabolismo aquático melhora as condições ambientais a jusante.

Nos três pontos, o pH esteve fora do recomendado, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 para a Classe 2 (entre 6 e 9) e a Portaria de Consolidação 05/2017 (entre 6 e 9,5).

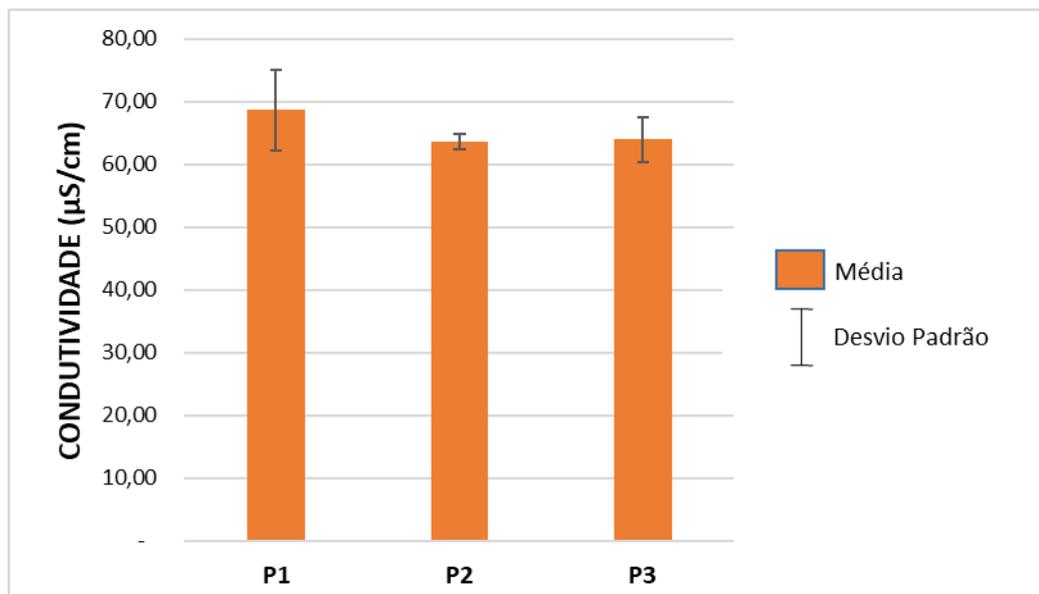
Figura 17-Valores médios de pH por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os valores de condutividade também foram semelhantes entre os 3 pontos analisados, sendo ligeiramente mais elevados em dezembro no P1 e no P3 (Fig. 18).

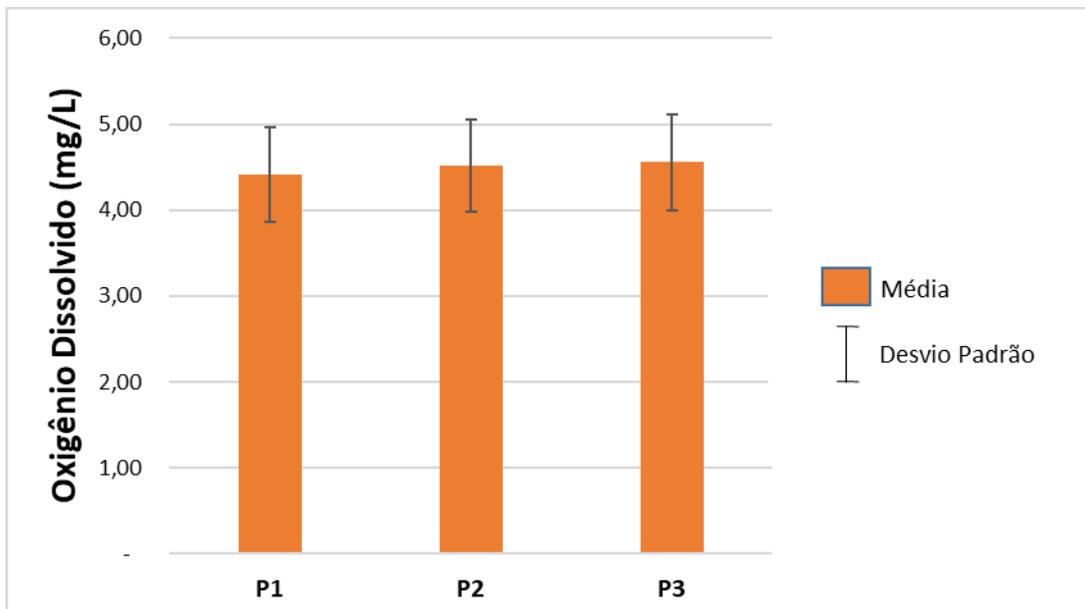
Figura 18-Valores médios de condutividade por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O oxigênio dissolvido apresentou uma diminuição gradativa ao longo do tempo, mas semelhante entre os 3 pontos analisados (Fig. 19), mostrando que este fator é beneficiado com as chuvas. Os três pontos apresentaram OD fora do limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, de $5 \text{ mg.L}^{-1} \text{ O}_2$. Também apresentou concentrações inferiores às registradas em um reservatório em zona rural de Campo Verde, que as médias variaram entre cerca de 6,0 e 7,0 mg.L^{-1} (MALHEIROS et al., 2012).

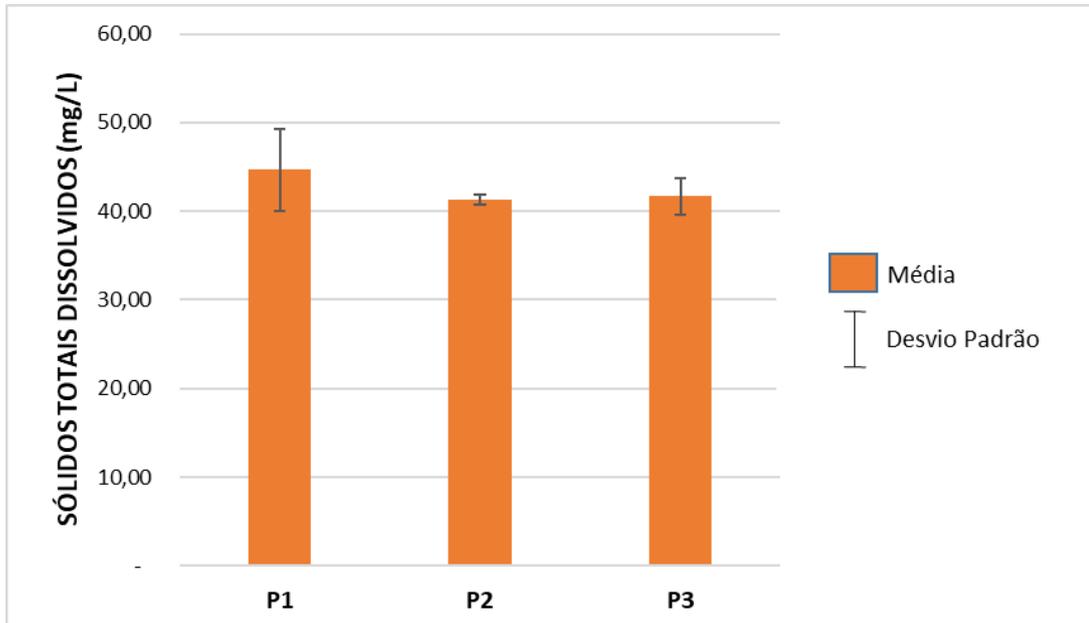
Figura 19-Valores médios de oxigênio dissolvido por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os valores de sólidos dissolvidos também foram muito semelhantes entre os locais de amostragem (Fig. 20), revelando não haver heterogeneidade ambiental em relação à qualidade de água. Os valores encontram-se dentro do padrão, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, que é abaixo de 500 mg/L .

Figura 20-Valores médios de sólidos totais dissolvidos por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.

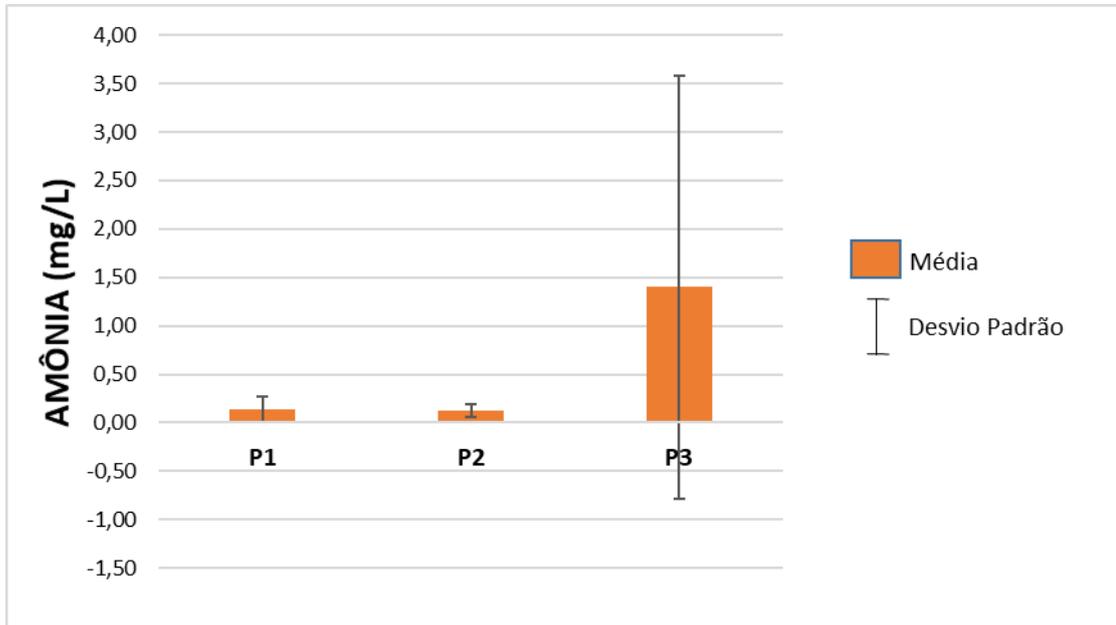


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A amônia apresentou diferença no P3 em comparação com os outros pontos, sendo um valor discrepante, com erro enorme. (Fig. 21). Apresentou decréscimo ao longo do tempo, demonstrando que as concentrações são mais elevadas com o efeito das chuvas, corroborando com o fato de que a poluição do solo é a origem da poluição no açude.

Nos três pontos, a média de amônia se encontra abaixo do valor máximo permitido, tanto de acordo com a Resolução 357/2005 do CONAMA quanto da Portaria de Consolidação 05/2017, apesar da média do P3 estar bem próximo do limite de 1,5 mg/L.

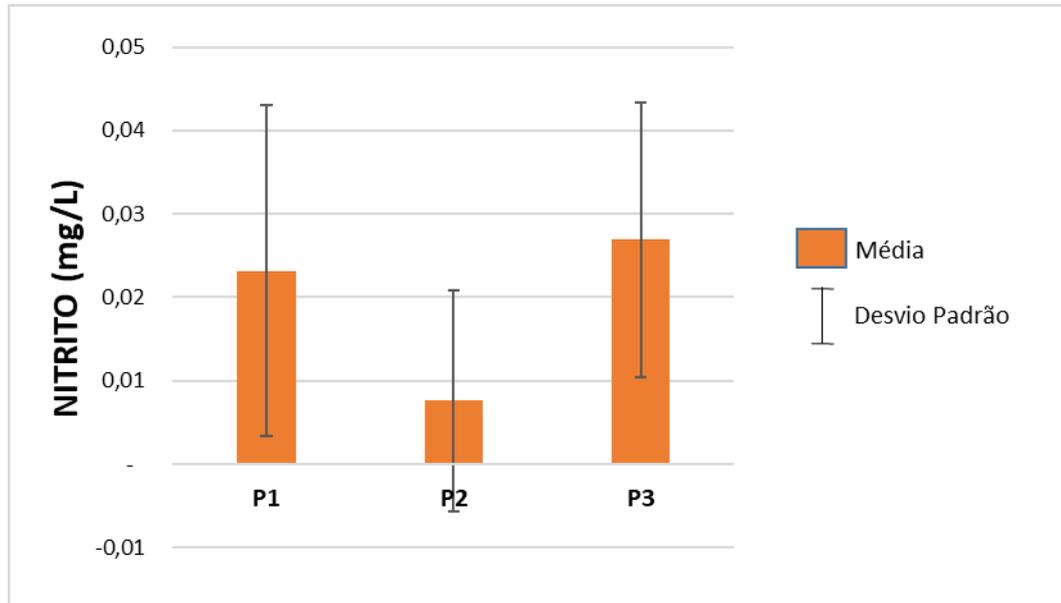
Figura 21-Valores médios de amônia por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os valores de nitrito apresentaram diferenças maiores entre as réplicas (coletas ao longo do tempo), sendo o primeiro mês analisado o que apresentou maiores concentrações deste composto, aumentando o desvio padrão (Fig. 22). O P2 foi o local que apresentou concentrações menos elevadas de nitrito. Esse parâmetro esteve dentro do padrão (abaixo de 1,0 mg/L N) nos três pontos.

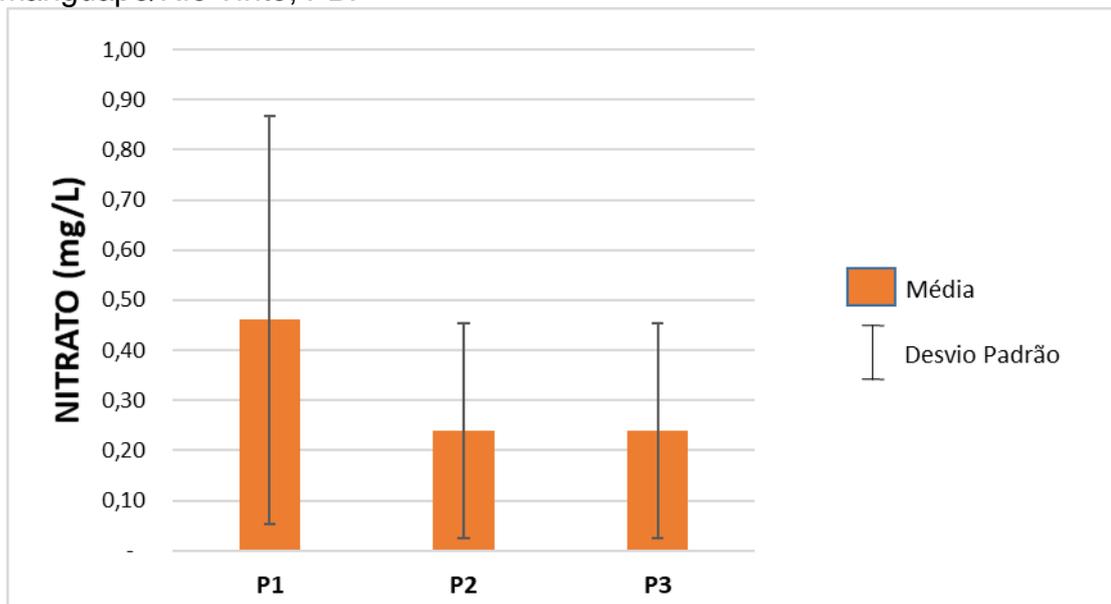
Figura 22-Valores médios de nitrito por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O nitrato também apresentou maiores diferenças entre as réplicas, aumentando o desvio padrão, o local que teve concentrações mais elevadas foi o P1, os pontos P2 e P3 apresentaram padrão muito semelhante (Fig. 23). Esse parâmetro esteve dentro do padrão (abaixo de 10,0 mg/L N) nos três pontos.

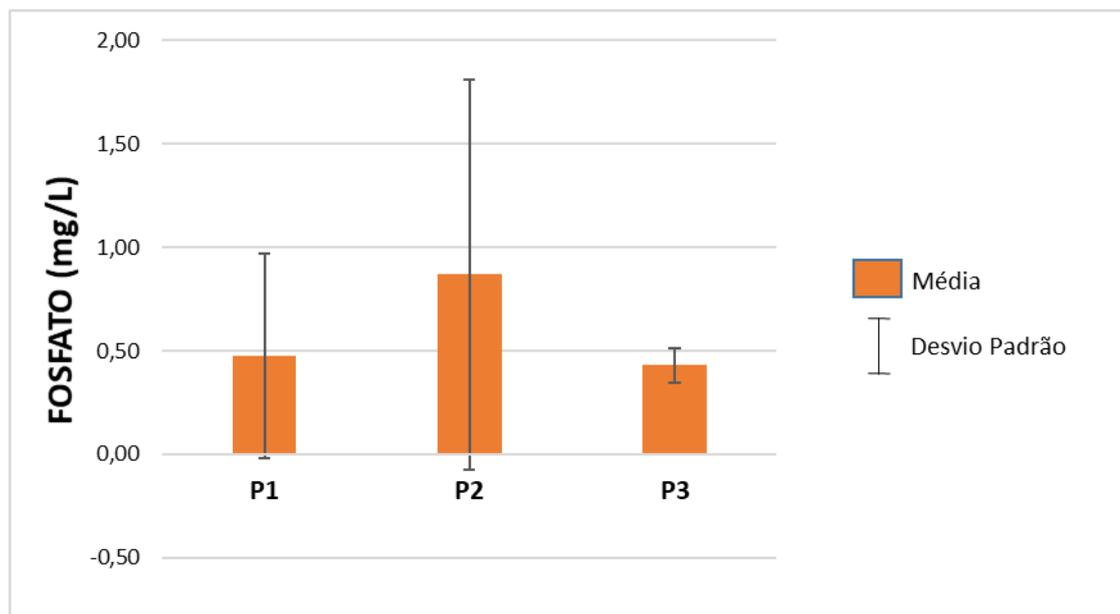
Figura 23-Valores médios de nitrato por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As concentrações de fosfato também apresentaram maiores desvios padrão entre as réplicas, devido ao P2, que apresentou concentrações mais elevadas no mês de setembro (Fig. 24). O P3 foi o ponto que apresentou valores menos elevados e mais semelhantes ao longo do tempo.

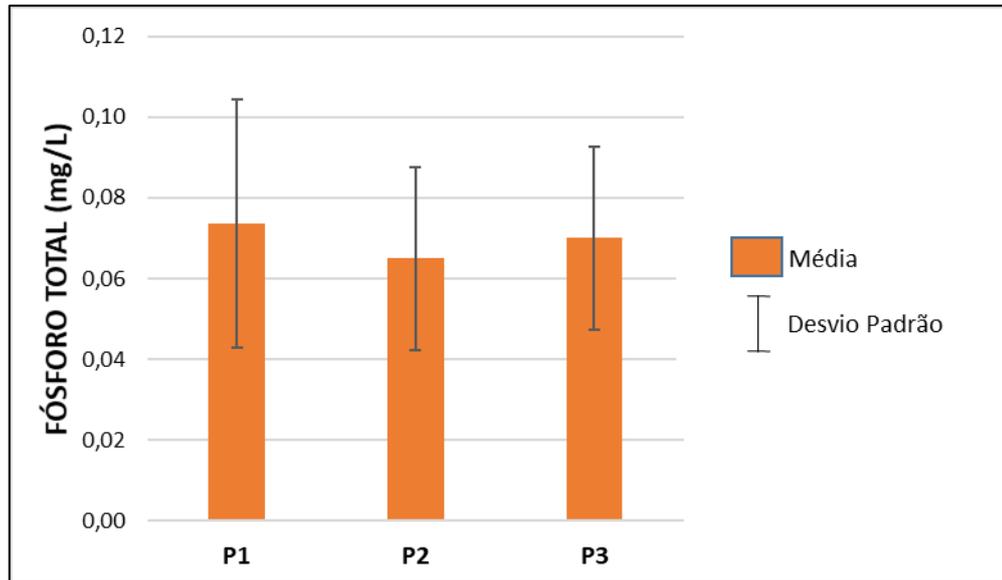
Figura 24-Valores médios de fosfato por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As concentrações de fósforo total, comparando entre os 3 pontos analisados, demonstra concentrações semelhantes, não tendo apresentado diferenças significativas, demonstrando a homogeneidade do açude (Fig. 25).

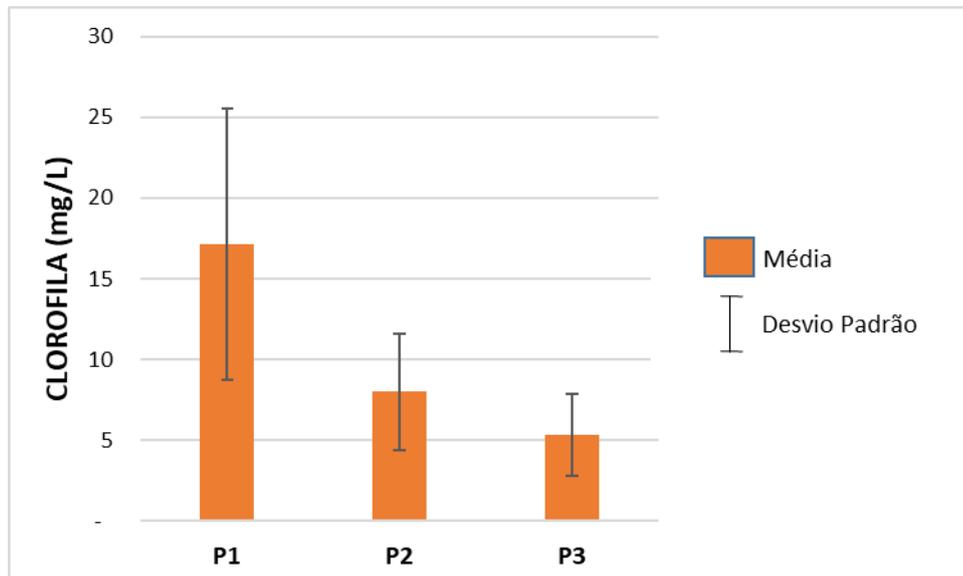
Figura 25-Valores médios de fósforo total por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As concentrações de clorofila-*a* apresentaram-se diferentes entre o P1 e os demais pontos amostrais (Fig. 26). P2 e P3 foram muito semelhantes neste parâmetro. O fato da água ser mais rica em nitratos neste ponto (Fig. 23) favorece o crescimento das microalgas, que absorvem o nitrato. Por outro lado, por ser o ponto no final da barragem, permite que ao longo do percurso, em ambiente com menor fluxo o fitoplâncton se desenvolva mais (LUZIA, 2009). Os três pontos estão abaixo do limite máximo de 30 µg/L (Resolução CONAMA 357/2005).

Figura 26-Valores médios de clorofila por ponto de coleta no Açude Pindobal, Mamanguape/Rio Tinto, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Analisando-se os pontos de coleta do Açude Pindobal (Figuras 17 a 26), percebe-se que, de maneira geral, não houve variações significativas de um ponto para outro, por se tratar de um açude pequeno. Entretanto, em algumas análises, como nitrito (Figura 22), nitrato (Figura 23) e fosfato (Figura 24) verifica-se alguma diferença entre os pontos, principalmente entre as réplicas, denotando diferenças mais fortes temporais que espaciais. No entanto, alguns parâmetros são afetados pela dinâmica ecossistêmica interna ao açude.

Apesar de o P3 se localizar mais próximo das casas (Figura 2), e estar no início do açude, podendo receber uma água mais poluída, os dados não demonstraram isso, revelando que os três pontos são muito semelhantes e representativos do açude. Nesse ponto também é comum os moradores darem banho nos seus cavalos e as mulheres lavarem roupa. No entanto, isso não parece provocar alterações na qualidade de água nesse ponto.

As análises estatísticas com os dados dos parâmetros limnológicos ao longo do espaço, comparando os P1, P2 e P3 não apresentaram nenhuma diferença significativa para nenhum dos parâmetros analisados. Isso demonstra a homogeneidade do ambiente, pelo fato de apresentar fluxo e de ser de pequena dimensão.

4 CONCLUSÃO

A maioria dos parâmetros esteve de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, com exceção do pH e do OD do mês de agosto. Devido aos resultados de pH, o Açude Pindobal não pode ser enquadrado na Classe 2. Já com relação aos padrões da Portaria de Consolidação 05/2017, os parâmetros microbiológicos (*E. coli* e coliformes totais) estiveram em desacordo, tendo sido detectados nas análises e apresentando riscos para a saúde dos moradores, reforçando mais uma vez a necessidade de tomar medidas adequadas para a retenção e tratamento de esgoto em nível domiciliar. Turbidez e pH também estiveram em desacordo com a Portaria.

O Açude Pindobal apresentou números baixos de nutrientes e bem próximos aos de outros açudes da Paraíba, apesar de haver águas cinzas a céu aberto próximo ao local e lavagem de roupas. Entretanto, apresentou resultados piores para *E. coli*, pH e coliformes totais, com relação a outros açudes, porém melhores para STD, em comparação a esses outros.

Dessa forma, pode-se dizer que a hipótese de pesquisa (H1) foi parcialmente rejeitada, pois apesar de não apresentar qualidade balnear, apresenta boa qualidade de água em relação a parâmetros químicos e físicos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. "Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências". **Diário Oficial da União**. Brasília, 18 mar. 2005. Seção 53, p. 58-63. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 06 fev. 2021.

_____. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. "Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras". **Diário Oficial da União**. Brasília, 25 jan. 2001. Seção 1, p. 70-71. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em: 10 fev. 2021.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2013000100014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 05 fev. 2021.

FARTO, C. D.; SILVA, T. C. Variações da qualidade da água de chuva e de açudes armazenada em cisternas em municípios do semiárido do estado da Paraíba. **Eng. Sanit. Ambient.**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 6, p. 859-871, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522020000600859&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 09 fev. 2021.

FILHO, E. D. S.; SILVA, A. B.; SANTOS, J. S. I.; SILVA, M. V. A.; PEREIRA, M. N.; GONZAGA, F. A. S.; SILVEIRA, P. L. N. Verificação da qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa, Boqueirão, PB, Brasil. **Rev. Saúde e Ambiente**. V. 8, n. 2, p. 215-229, Aracajú, 2020.

GOMES, A. S. P; SILVA, C. R.; MOREIRA, A. A. D.; ARAUJO, I. N. S.; PEREIRA, F. C. Estudo qualitativo da água no município de Picuí-PB, enfocando os parâmetros cor, turbidez e pH. **Rev. Principia**. IFPB, João Pessoa, n° 20, 2012.

HONGJIE, Q.; ZHIYONG, Z.; MINHUI, L.; HAIQIN, L.; YAN, W.; XUEZHENG, W.; YINGYING, Z.; SHAOHUA, Y. Site test of phytoremediation of an open pond contaminated with domestic sewage using water hyacinth and water lettuce. **Ecological Engineering**. 2016. V. 95, p. 753-762.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Conheça as principais doenças que o saneamento básico previne**. 2018. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/08/07/doencas-saneamento-basico-previne/>. Acesso em: 04 fev. 2021.

LUZIA, A. P. **Estrutura organizacional do fitoplâncton nos sistemas lóticos e lênticos da bacia do Tietê-Jacaré (UGRHI-Tietê-Jacaré) em relação à qualidade da água e estado trófico**. 2009. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), UFSCar, São Carlos, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1654/2644.pdf?sequence=1>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MALHEIROS, C. H.; HARDOIM, E. L.; LIMA, Z. M.; AMORIM, R. S. S. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Rev. Ambi-Agua**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 245-262, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n2/v7n2a19.pdf>. Acesso em: 14 fev. 2021.

MARINHO, R. S. A.; OLIVEIRA, F. M. F.; CRISPIM, M. C. **Influência de Tanque de Evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático**. 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, João Pessoa, 2018.

PORTO, R. L. L. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1991, 1 ed., v. 3. 411 p.

VIEIRA, A. C. B. **A dinâmica do zooplâncton em um reservatório profundo do semiárido brasileiro**: influência da comunidade fitoplanctônica, do clima e da sazonalidade. 2016. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), UFPB, João Pessoa, 2016.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2018. 470 p.

_____. _____. 2. ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1995. 243 p.

Capítulo 2

GESTÃO PARTICIPATIVA A PARTIR DA APROPRIAÇÃO TECNOLÓGICA DE SISTEMA UNIFAMILIAR DE TRATAMENTO DE ESGOTO

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico constitui um conjunto de procedimentos que envolvem o esgotamento sanitário, além de águas pluviais, resíduos sólidos e água potável (BRASIL, 2007). O esgotamento sanitário consiste numa das formas de evitar a

poluição do meio ambiente e as doenças de veiculação hídrica, melhorando, assim, a qualidade de vida da população e do ambiente.

Em locais onde não há esgotamento sanitário, são comuns as doenças de veiculação hídrica, como amebíase, giardíase, gastroenterite, entre outras. Essas doenças ocorrem principalmente em locais onde a população é mais vulnerável, como em áreas rurais e periurbanas.

Isso não é diferente nas comunidades Pindobal e Rio do Banco, localizadas na zona rural dos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, respectivamente. Nesses locais, tem-se a fossa rudimentar como destinação mais comum para as águas negras das casas, que são aquelas provenientes do vaso sanitário. Essa fossa é propositalmente construída sem fundo impermeabilizado, para que ela nunca encha, mas sim, que os dejetos infiltrem. Já as águas cinzas, conhecidas como águas de lavagem, são lançadas no solo, a céu aberto, bem ao lado das residências, escorrendo pelo solo, e muitas vezes alcançando superficialmente os ambientes aquáticos, para além da que é infiltrada, principalmente em períodos chuvosos.

O saneamento ecológico, proposto pela permacultura (MOLLISON e HOLMGREN, 1978; MOLLISON e SLAY, 1994), traz alternativas para o tratamento de esgotos que são perfeitamente aplicáveis nas áreas rurais. São tecnologias socioambientais de simples construção e manutenção, além de terem baixo custo ou nenhum custo, dependendo da solução. O Círculo de Bananeiras e o Tanque de Evapotranspiração (Tevap) são tipos de fossas ecológicas apresentadas pelo saneamento ecológico e pela permacultura, os quais possuem como ideia em comum o conceito de ciclagem de água e de nutrientes, envolvendo o reuso de água, e aproveitamento dos nutrientes pelas plantas (GALBIATI, 2009).

O Círculo de Bananeiras e o Tevap foram apresentados nesta pesquisa, como proposta de solução de esgotamento sanitário, para destinar as águas cinzas e negras, respectivamente, das moradias das comunidades Pindobal e Rio do Banco. Essas fossas foram escolhidas por não haver nenhum custo de implantação (Círculo de Bananeiras) ou baixo custo (Tevap) e por levar melhor qualidade de vida para a população local, ao evitar que os esgotos sejam lançados a céu aberto.

Para haver sucesso na inserção de uma nova tecnologia em qualquer comunidade, é de extrema importância incluir a própria comunidade no sistema de

gestão. Isso pode ser feito por meio da troca de diálogos entre os gestores e os moradores, levando e recebendo informações, nas quais tanto o senso comum como o conhecimento científico têm a sua importância. Palestras e oficinas utilizando vídeos, imagens e aulas práticas consistem em importantes ferramentas que facilitam a apropriação tecnológica pela comunidade e aumentam a percepção ambiental.

O sentimento de fazer parte de um projeto faz com que haja maior facilidade em se apropriar daquela tecnologia, havendo maior interesse em cuidar daquilo, de fazer funcionar e de repassar para outras pessoas. Isso faz com que as pessoas se sintam peças importantes do projeto, conferindo mais resultados positivos.

A inserção da sociedade na solução dos problemas da sua comunidade chama-se gestão participativa. Lobato (2000) afirma que esse tipo de gestão deve incluir a participação do cidadão, de maneira que este possa contribuir diariamente para a defesa e preservação do ambiente.

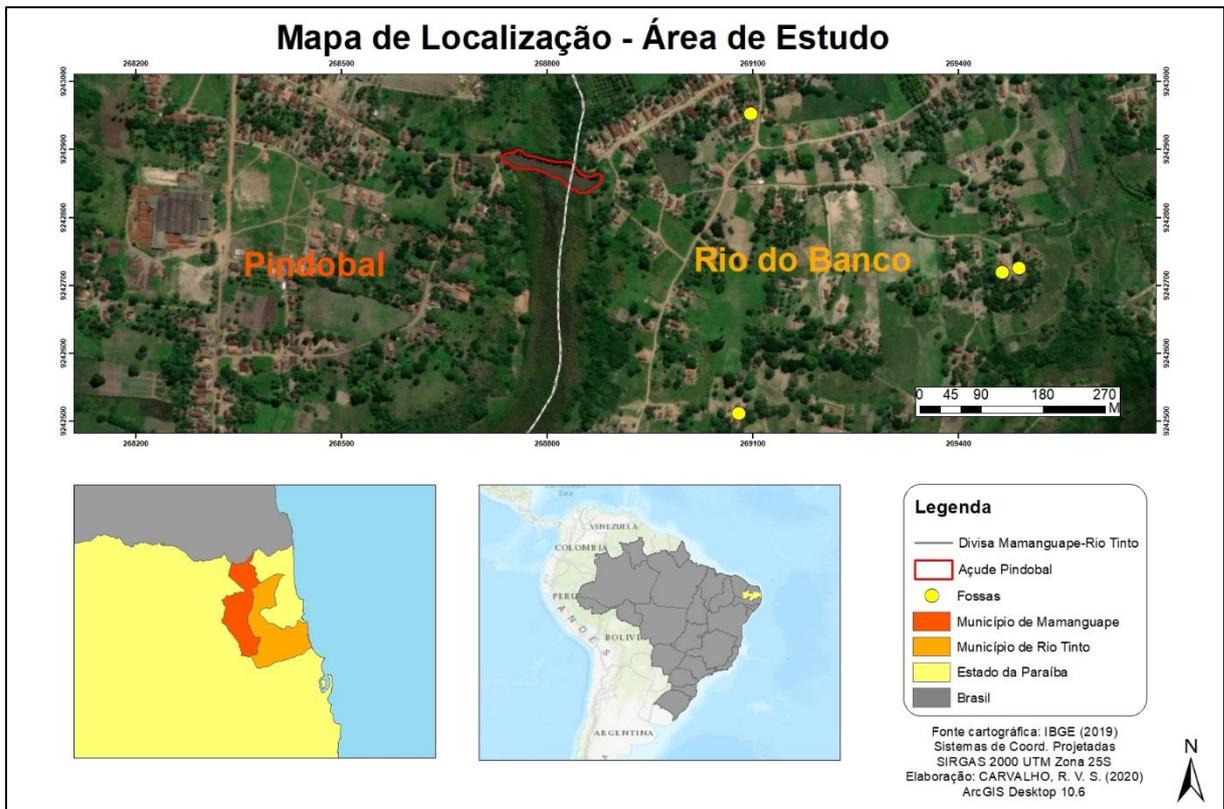
Objetivando o engajamento das comunidades de Pinbobal (Mamanguape) e Rio do Banco (Rio Tinto) na melhoria da qualidade ambiental e melhor qualidade de vida dos moradores locais, esta pesquisa avaliou a percepção sobre o esgotamento sanitário, apresentou, incentivou e capacitou para a construção de fossas ecológicas nessas localidades. A hipótese de pesquisa testada (H2) foi a de que a sensibilização dos moradores desperta o interesse da comunidade em ajudar na preservação do meio ambiente e na melhoria da sua própria qualidade de vida.

2 METODOLOGIA

2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

A pesquisa foi realizada em duas comunidades rurais, no litoral norte do estado da Paraíba. Uma delas, a comunidade Pindobal, está localizada no município de Mamanguape, enquanto a outra, chamada de Rio do Banco, encontra-se em Rio Tinto, município vizinho a Mamanguape. Ambas as comunidades são vizinhas (Figura 27), sendo um ponto em comum entre elas o Açude Pindobal.

Figura 27-Localização da área de estudo, tendo como referência para as comunidades Pindobal e Rio do Banco as respectivas associações, bem como o Açude Pindobal.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A comunidade Pindobal está situada entre a Usina Monte Alegre, a comunidade Rio do Banco e o Rio Mamanguape. Segundo a presidente da associação, a comunidade possui cerca de 800 famílias (2.400 habitantes). A maioria dos moradores são agricultores, alguns também praticam a aquicultura. As principais culturas plantadas são macaxeira, batata e hortaliças. O IDHM (índice de desenvolvimento humano municipal) de Mamanguape é de 0,585, e a escolarização, entre 6 e 14 anos é de 96,5% (IBGE, 2010).

O Açude Pindobal possui seis nascentes, sendo a principal delas a Cascata, que fica na Mata Atlântica. Antes de chegar ao açude, a água é captada, vai para uma caixa de água de 36.000 litros e, então, é distribuída aos habitantes de Pindobal. Porém, ocorrem conflitos sociais por causa do acesso à água, pois algumas pessoas usufruem mais do que outras, chegando a faltar para alguns. Além disso, a qualidade da água que sai das torneiras não é boa, segundo os moradores locais, pois não há

nenhum tratamento e possui cor escura. Por conta disso, a água não é utilizada para beber, sendo utilizada outras fontes, como poço.

A comunidade Rio do Banco possui como limites as comunidades de Pindobal, Boa Vista e Curral de Fora. Segundo o presidente da associação, Rio do Banco possui uma população de 460 habitantes, sendo 161 famílias. Assim como Mamanguape, Rio Tinto possui IDHM de 0,585 e escolarização com 1% a mais, de 97,6%, para jovens entre 6 e 14 anos (IBGE, 2010).

O abastecimento de água em Rio do Banco ocorre por meio de um poço artesiano, cuja água é bombeada até uma caixa de água de 30.000 litros de capacidade, de onde é distribuída, por gravidade, para um total de 156 moradias. Entretanto, devido a essa água possuir um cheiro desagradável, apenas 102 casas utilizam dessa água, pois a maioria prefere ter o próprio poço.

As comunidades Pindobal e Rio do Banco não possuem esgotamento sanitário, lançando as águas negras em fossas sem impermeabilização no fundo, e as águas cinzas no solo, a céu aberto. O esgoto produzido por essas comunidades gera problemas como a contaminação do solo, dos rios e do Açude Pindobal, principalmente em épocas de chuva. Além disso, as águas cinzas atraem insetos e outros animais vetores de doenças, podendo contaminar principalmente as crianças, que costumam ter contato direto, para além do mau odor emanado por essas águas. Como as fossas são permeáveis, o risco de contaminação dos próprios poços é muito elevado, como observado por Silva (2019), em Santa Rita, outro município da Paraíba, em que 80% dos poços analisados apresentavam contaminação por coliformes.

Além dos esgotos domésticos, existem outras fontes de poluição nas comunidades, como os fertilizantes e agrotóxicos utilizados nas plantações de cana-de-açúcar, dejetos de animais, lixo e possíveis resíduos da usina e das fábricas.

2.2 Métodos e técnicas

Antes de iniciar a pesquisa de campo, foi realizada a submissão do projeto e questionário ao Comitê de Ética, cuja autorização se encontra no Anexo A.

Para realizar esta etapa da pesquisa, houve contato constante com os presidentes das associações de Pindobal e Rio do Banco, para estabelecer conexão

com os moradores locais. O contato com ambos foi imprescindível para convocar os moradores para as oficinas e obter informações sobre as comunidades, tendo em vista que não existem documentos nos municípios que deem tais informações, de acordo com as prefeituras. Isso ocorreu logo antes de ser decretada a pandemia pelo COVID-19 e o isolamento social, que em parte prejudicou esta pesquisa.

Ocorreram duas reuniões, uma em Pindobal e outra em Rio do Banco. Ambas foram realizadas nas associações, onde, primeiramente, aplicou-se um questionário (Apêndice A) com perguntas visando conhecer a percepção ambiental dos moradores e as principais doenças de veiculação hídrica que ocorrem nas comunidades. Sendo assim, a aplicação do questionário ocorreu antes da palestra de sensibilização dos moradores, para não interferir nas respostas que visavam obter o conhecimento prévio que a população tinha sobre o tema. As respostas dos questionários foram expostas em gráficos e analisadas.

Antes de aplicar os questionários, foi lido, em voz alta pela pesquisadora, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que consta no Apêndice B, explicando em que consistia o projeto, tendo obtido, assim, as assinaturas daqueles que aceitaram responder ao questionário.

Após a aplicação dos questionários, foi realizada a oficina de sensibilização, na qual foram abordados os seguintes assuntos:

- Tipos de doenças de veiculação hídrica, causas e sintomas;
- O que são fossas ecológicas, os tipos, para que servem, vantagens da sua aplicação, como construir e casos já aplicados;
- Conceitos de termos não conhecidos pela maioria das pessoas, como águas cinzas e negras;
- Outras biotecnologias de baixo custo com vantagens para a própria comunidade, como os biodigestores.

Durante a oficina, utilizou-se linguagem acessível e *slides* com menos texto e mais imagens e vídeos, a fim de não ficar cansativo para o público e haver melhor entendimento. A oficina foi finalizada com a amostra de imagens das fossas impressas em papel, mostrando as etapas de construção e os cortes das fossas, para melhor visualização e para reforçar o entendimento, a fim de facilitar a apropriação tecnológica.

Apesar de, durante as oficinas, terem sido abordados tanto o Tevap quanto o Círculo de Bananeiras, optou-se em implantar apenas esta última, pelos seguintes motivos:

- Não possuir custos, a não ser dos canos que transportam os esgotos até a fossa;
- Maior simplicidade, em relação ao Tevap, a fim de atender ao maior número de residências possível, já que o tempo restante para a pesquisa de campo era curto (um ano);
- Solucionar os problemas gerados pelas águas cinzas a céu aberto.

A troca de conhecimentos entre a comunidade e os pesquisadores, envolvendo o senso comum e os conhecimentos acadêmicos, demonstrou uma pesquisa de experiência participativa de caráter transdisciplinar, pois, à medida que os moradores se apropriavam da tecnologia e assimilavam as orientações fornecidas pelos pesquisadores, passavam a contribuir para a pesquisa com informações importantes, tais como a área de estudo e o retorno sobre o funcionamento das fossas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

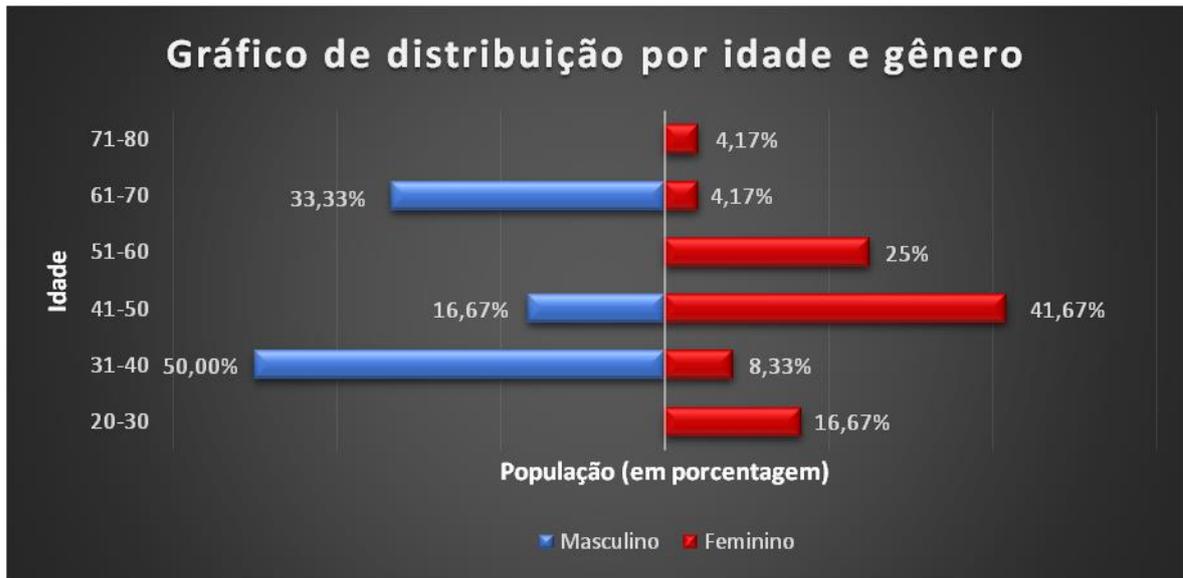
3.1 Avaliação dos questionários

Um total de 32 pessoas compareceram nas reuniões. Dessas, 93,75% aceitaram responder o questionário e assinaram o TCLE. Muitos tiveram dificuldade em responder o questionário, por serem analfabetos, recebendo ajuda para isso, sem, contudo, influenciar em suas respostas. Dos participantes da pesquisa, 6,89% não sabiam assinar o nome, utilizando, assim, sua impressão datiloscópica no TCLE.

As idades variaram entre 21 e 76 anos, sendo a maioria (62%) com faixa etária menor do que 50 anos (Fig. 28). A maioria dos homens que esteve presente (50%) possuía entre 31 e 40 anos, enquanto a maioria das mulheres (41,67%) possuía entre 41 e 50 anos. Houve predominância de mulheres, com 75,86% e apenas 24,14% de homens, pois a maioria dos homens trabalha durante o dia na Usina Monte Alegre, que fica em Pindobal, e a oficina aconteceu no período da tarde. Já a maioria das mulheres são agricultoras (Figura 31), tendo horário mais flexível para participar das reuniões da comunidade.

Outros dados sociais daqueles que responderam ao questionário, como escolaridade, tempo de residência na casa onde vivem e profissão, encontram-se nas Figuras 29, 30 e 31, respectivamente.

Figura 28-Percentual de homens e mulheres, de acordo com a faixa etária (de 10 em 10 anos), que responderam ao questionário.



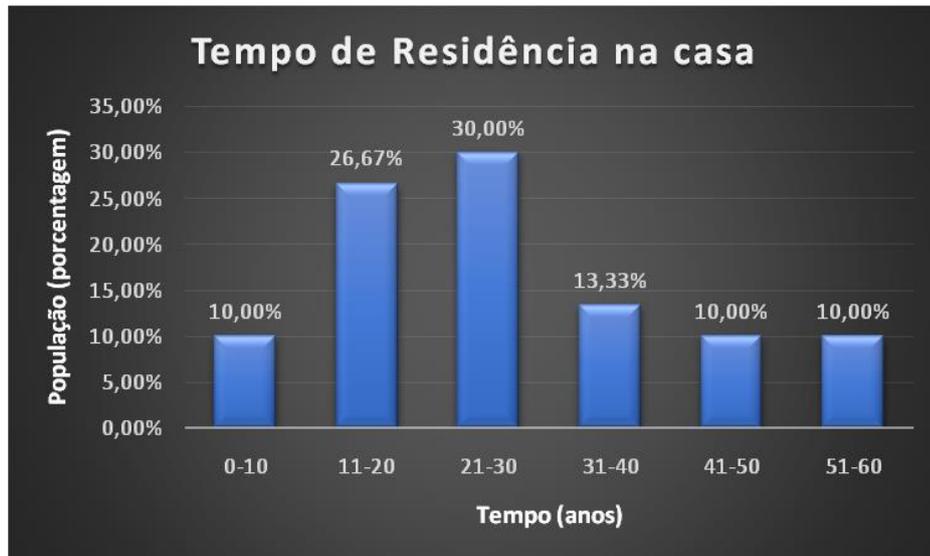
Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 29-Percentual de participantes, de acordo com o nível de escolaridade.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 30-Percentual de participantes, de acordo com o tempo de residência na casa onde moram, em faixas de 10 anos.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 31-Percentual de participantes, de acordo com a profissão.

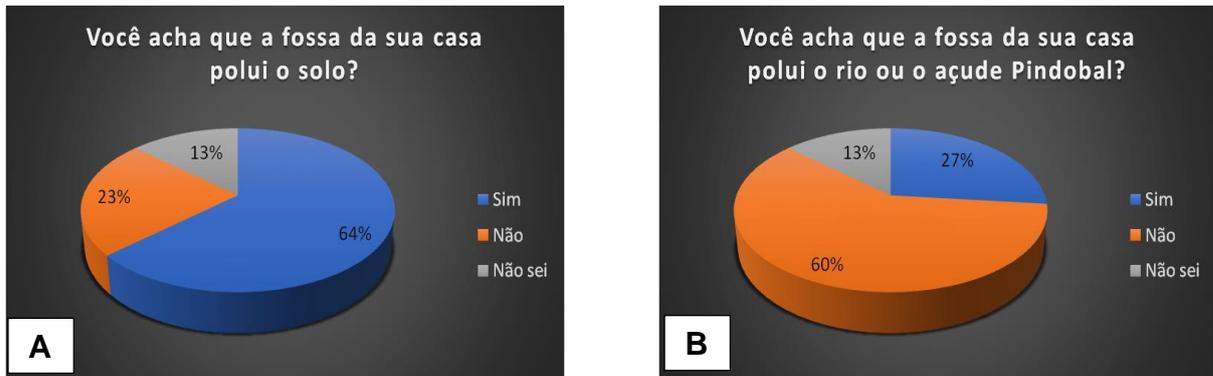


Fonte: Pesquisa de campo.

As perguntas a respeito das fossas negras e da água de lavagem que corre a céu aberto foram expostas nas Figuras 32 e 33. Essas perguntas tiveram como objetivo conhecer a percepção ambiental das comunidades em relação à poluição causada pela fossa negra e pela água de lavagem, e despertar o interesse sobre o assunto, que foi abordado posteriormente através de sensibilização. Tanto a fossa negra quanto a água de lavagem podem poluir o solo alterando o seu pH, aumentando a salinidade ou contaminando com microrganismos patogênicos. Já o rio e o açude podem ser contaminados através da infiltração e percolação do esgoto, além de ser

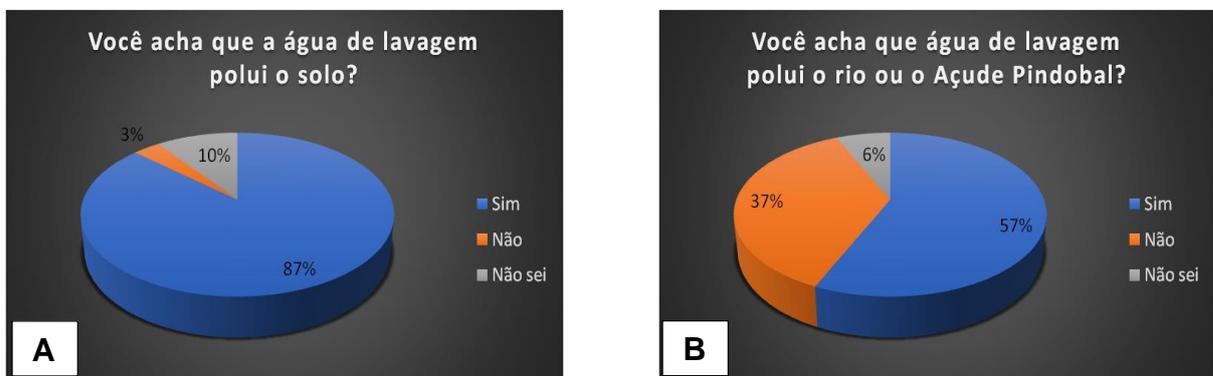
carreado com as chuvas. O Rio Pindobal citado nas perguntas se refere ao que alimenta o Açude e que sangra (após o Açude), até chegar ao Rio Mamanguape.

Figura 32-Respostas dos participantes em relação à poluição do solo (A) e da água (B) pela fossa negra.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 33-Respostas dos participantes em relação à poluição do solo (A) e da água (B) pela água de lavagem.



Fonte: Pesquisa de campo.

Percebe-se que a maioria da população relaciona a poluição causada pela fossa negra ou pela água de lavagem com aquilo que está visível aos próprios olhos, como o contato direto que o esgoto tem com o solo (Figuras 32-A e 33-A). Porém, uma porcentagem menor de pessoas possui uma visão além, percebendo que esses esgotos também podem chegar ao rio e ao açude, apesar da distância (Figuras 32-B e 33-B).

Outras questões a respeito da água de lavagem também foram abordadas (Figura 34), a fim de destacar os aspectos negativos que ela causa para a população.

Apesar da grande maioria considerar os aspectos negativos da água de lavagem, muitas famílias não se importam em deixar que as crianças tenham o contato direto com esse esgoto, como foi percebido durante as visitas.

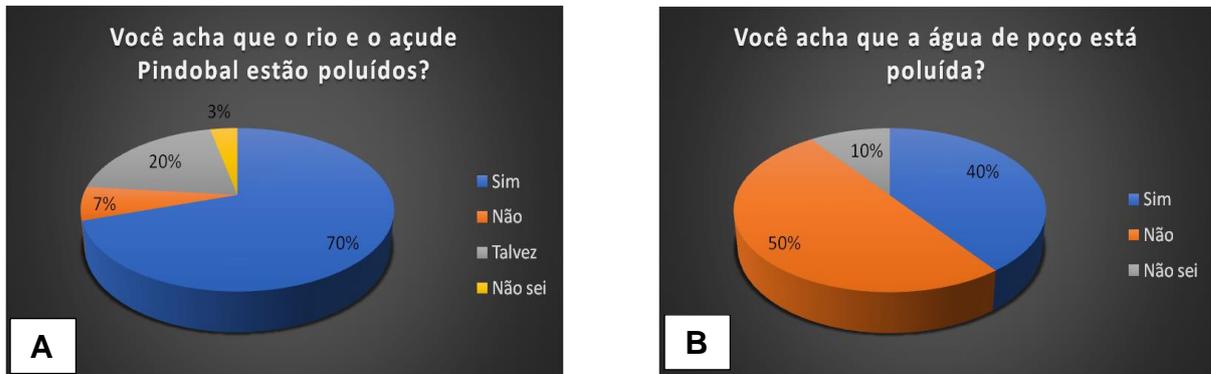
Figura 34-Respostas dos participantes em relação ao incômodo (A) e às consequências (B) geradas pela água de lavagem.



Fonte: Pesquisa de campo.

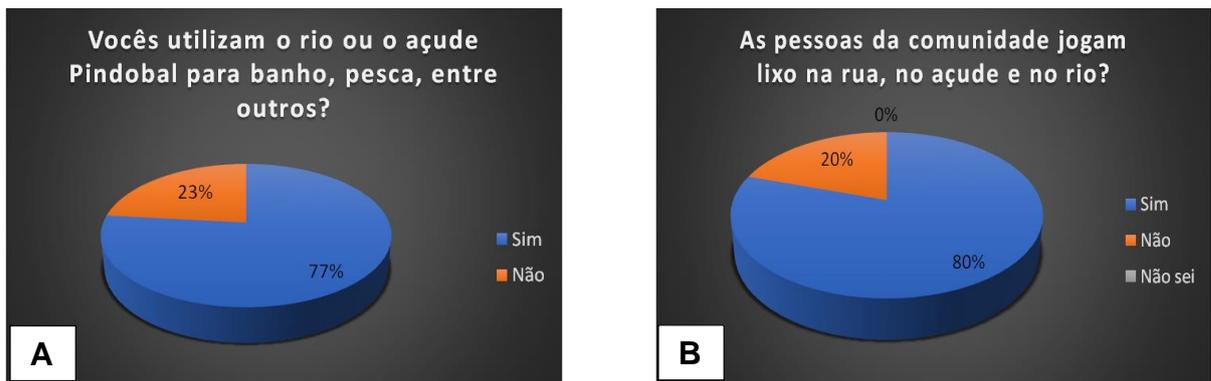
Também foi avaliada a percepção dos moradores a respeito da poluição do rio/açude e dos poços (Fig. 35). Apesar de 70% dos participantes acharem que o rio e o Açude Pindobal estão poluídos (Fig. 35-A), a Figura 36-A mostra que a maioria também utiliza essa água para diversos fins. A Figura 35-B mostra, mais uma vez, a falta de percepção da comunidade com relação à influência da poluição em outros locais, pois apesar de perceberem a poluição superficial no solo e no açude, não percebem que essa poluição pode chegar no lençol freático e contaminar a água dos poços que é usada para consumo. De acordo com a Figura 36-B, a maioria das pessoas não respeita o meio ambiente, jogando lixo nas ruas, no açude e no rio, mesmo desfrutando desses recursos (Fig. 36-A).

Figura 35-Opinião dos participantes a respeito da poluição da água superficial (A) e da água subterrânea (B).



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 36-Respostas dos participantes em relação ao uso do Rio/Açude Pindobal (A) e sua conservação (B).



Fonte: Pesquisa de campo.

A Figura 37-A mostra que a grande maioria das pessoas nunca ouviu falar em TEvap ou Círculo de Bananeiras. Os 3% que respondeu “sim” corresponde aqueles que ouviram falar de outros projetos da universidade que utilizaram as fossas ecológicas em outros locais. Essa pergunta serviu como meio de introduzir o assunto para a palestra que houve posteriormente, despertando o interesse das pessoas.

Apesar de 80% dos participantes afirmarem que a fossa da sua casa nunca encheu (Fig. 37-B), a maioria reside na sua casa há mais de 10 anos (Fig. 30). Isso prova que a maioria das fossas não são impermeabilizadas no fundo, constituindo fonte de contaminação principalmente da água subterrânea. Além disso, provou para

muitos moradores que afirmavam que a fossa era toda vedada, mas que nunca havia enchido ou transbordado.

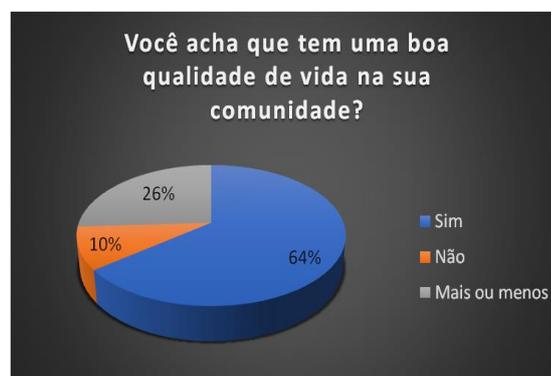
Figura 37-Respostas dos participantes em relação ao conhecimento sobre as fossas ecológicas (A) e sobre a fossa negra (B).



Fonte: Pesquisa de campo.

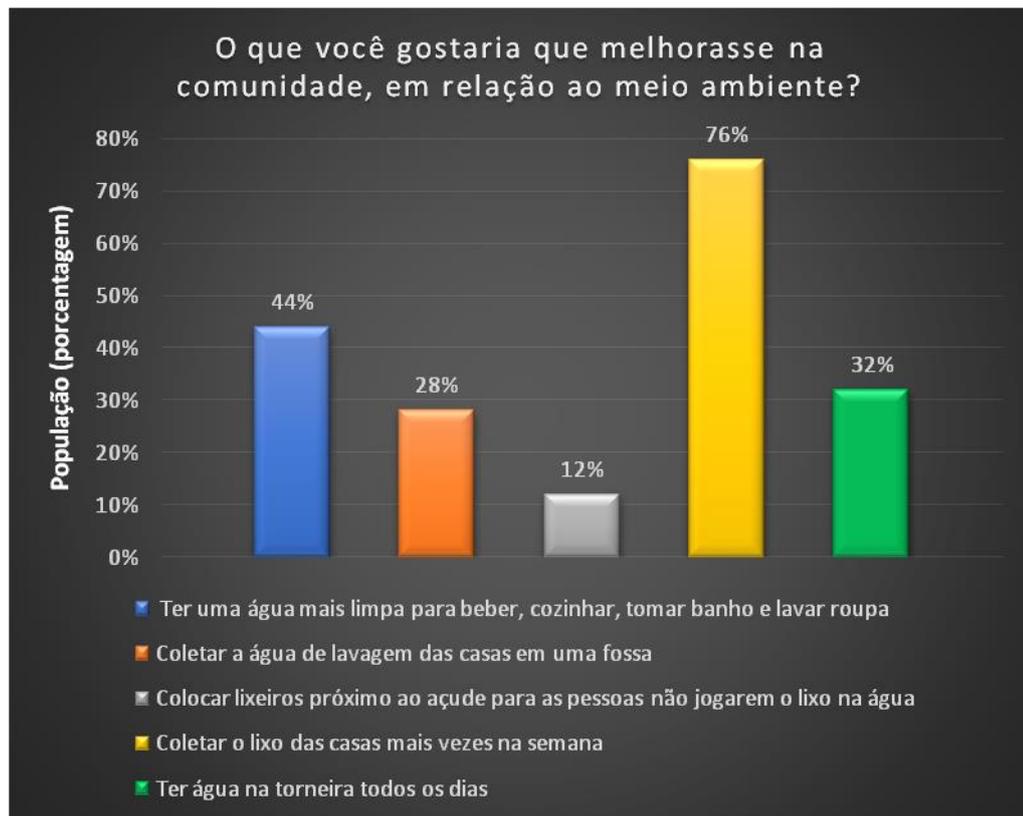
A maioria das pessoas consideram ter uma boa qualidade de vida na comunidade (Figura 38), apesar de haver problemas de abastecimento de água, não ter água encanada de boa qualidade, haver esgoto a céu aberto em praticamente todas as casas, o açude estar poluído e, principalmente, haver coleta insuficiente de resíduos sólidos, cujo fator foi o mais apontado pelos participantes que precisa de melhoria, como mostra a Figura 39. Isso é problemático, visto que o que se torna “normal”, não se busca uma mudança, pois com todos os problemas citados acima, as pessoas ainda consideram viver uma boa qualidade de vida. Em seguida foi apontado a qualidade da água para beber, cozinhar, tomar banho e lavar roupa.

Figura 38-Opinião dos participantes em relação à qualidade de vida na comunidade.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 39-Aspectos ambientais que os participantes gostariam que melhorasse na comunidade.



Fonte: Pesquisa de campo.

Em relação à ocorrência de doenças, apenas 30% afirmou que sua família adoece muito (Figura 40), apesar de alguns moradores terem afirmado, através de conversa informal, que todas as pessoas que eles conhecem nas comunidades têm ou já tiveram alguma verminose. Mesmo assim, no questionário, poucos souberam responder quais das doenças mostradas na Figura 41 já ocorreram na família. Geralmente, associavam apenas aos sintomas, como diarreia e vômito, que consistem em sintomas comuns das doenças de veiculação hídrica.

De acordo com uma moradora de Rio do Banco, é muito comum as pessoas da comunidade contraírem essas doenças, principalmente aquelas que ela chama de

“vermes”, como giardíase, amebíase, ascaridíase (lombriga) e esquistossomose. De acordo com ela, é comum as pessoas terem vermes por causa da água contaminada. Entretanto, apenas 37% dos participantes consideram que a água de lavagem que corre a céu aberto está relacionada com essas doenças (Figura 42), enquanto o mesmo percentual afirmou não ter relação e 26% não soube responder. A oficina de sensibilização alertou essas pessoas para essa questão.

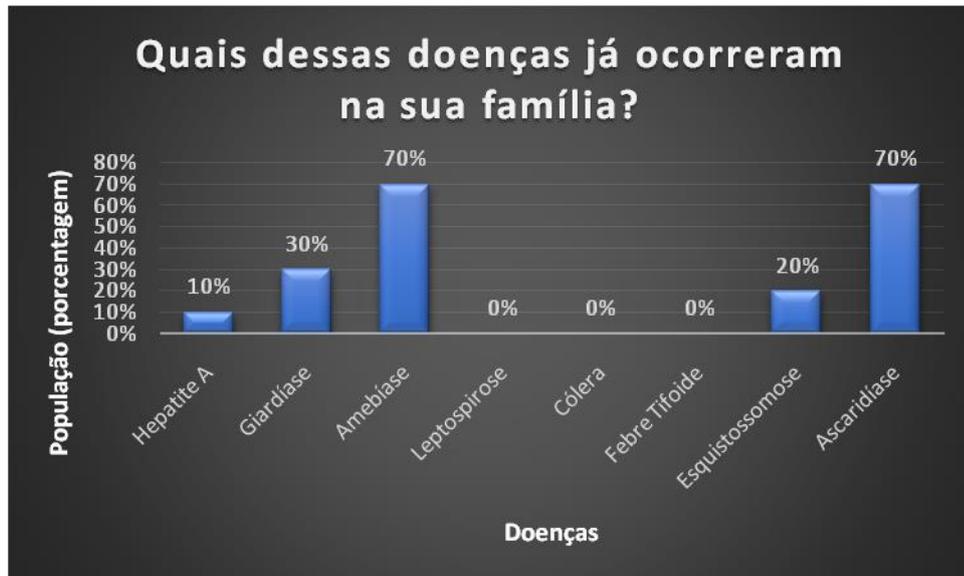
Segundo a médica que trabalha no posto de saúde da comunidade, é comum os habitantes apresentarem parasitoses intestinais (como amebíase, giardíase e ascaridíase), tanto em adultos quanto em crianças, além de já ter havido pelo menos um caso de esquistossomose.

Figura 40-Respostas dos participantes em relação à ocorrência de doenças na família.



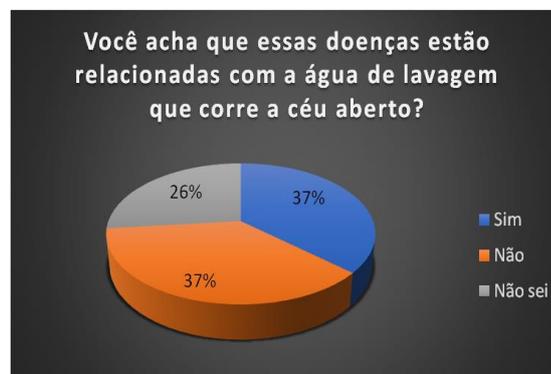
Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 41-Respostas dos participantes com respeito às doenças de veiculação hídrica que já ocorreram na família.



Fonte: Pesquisa de campo.

Figura 42-Opinião dos participantes sobre as doenças de veiculação hídrica estarem ou não relacionadas à água de lavagem que corre a céu aberto.



Fonte: Pesquisa de campo.

Quanto à questão sobre o saneamento básico, a maioria das pessoas não soube responder nada. Outras associaram à limpeza das ruas e dos rios, esgoto tratado, banheiros, fossas sépticas, diminuição de doenças e melhoria da qualidade de vida.

Para finalizar o questionário, foi perguntado sobre o desejo de ter uma fossa para coletar a água de lavagem, havendo 100% de confirmação. Posteriormente, durante a palestra, foi explicado que o Círculo de Bananeiras seria uma oportunidade simples e econômica de se obter essa fossa, além de não gastar água limpa para irrigar e aproveitar os frutos das bananeiras.

3.2 Implantação das fossas Círculo de Bananeiras

Após as oficinas, cada morador que aceitou construir a fossa na sua casa forneceu o seu contato, por meio do qual, posteriormente, marcaram-se as visitas para a construção das fossas. Foi feita uma primeira visita para escolher a melhor localização da fossa e divulgar para outros moradores que não participaram da oficina. Assim, o morador ficava responsável por cavar a fossa e reservar troncos e palha para, na segunda visita, concluir a fossa, com a orientação e auxílio da equipe de pesquisa.

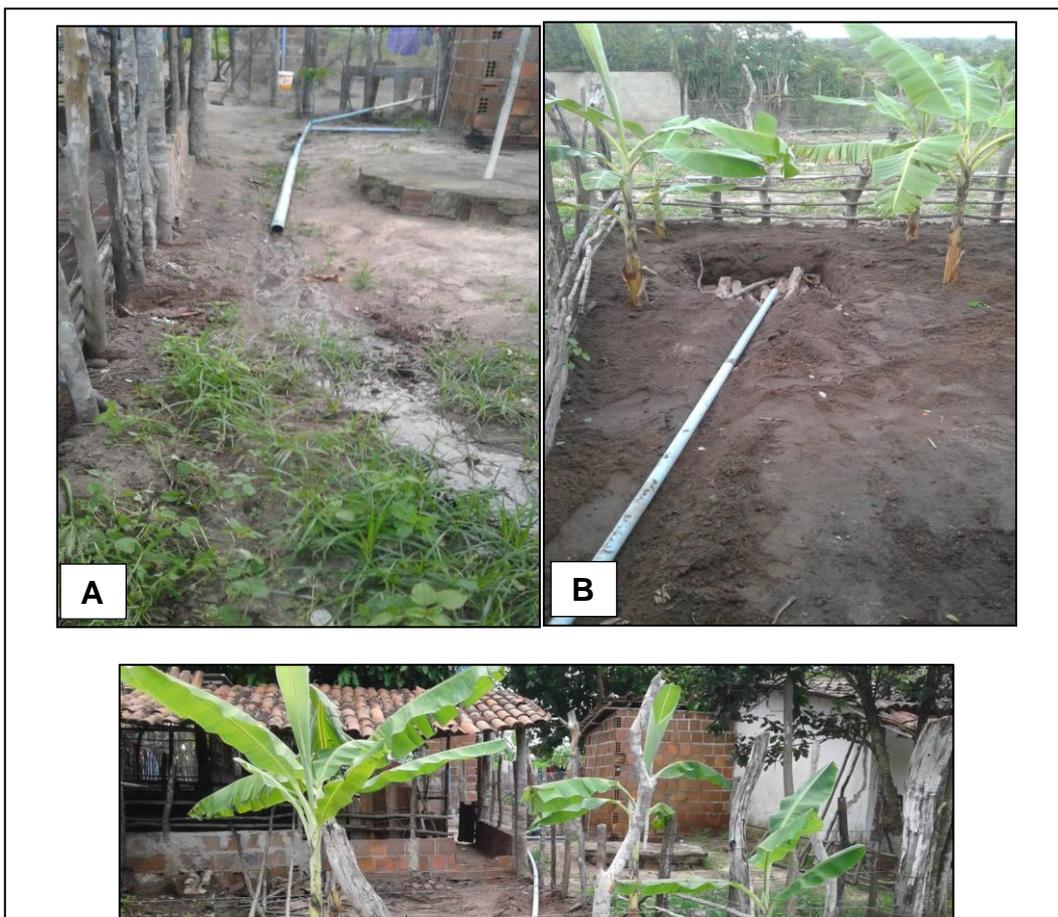
Foram implantadas quatro fossas do tipo Círculo de Bananeiras para a destinação das águas cinzas em três casas na comunidade Rio do Banco, sendo que, em uma das casas construíram-se duas fossas. Essas fossas serviram como exemplo para o restante da comunidade, pois através dos contatos com os moradores que participaram das oficinas, foram divulgados fotos e vídeos das fossas que ficaram prontas, como incentivo para que cada casa tivesse a sua.

Devido à pandemia, houve dificuldades na continuação das visitas e na implantação das fossas, concluindo-se apenas quatro fossas. Assim, optou-se por incentivar e orientar os moradores à distância, via *whatsapp*, para que eles mesmos pudessem construir a fossa nas suas residências, tomando como exemplo as fossas já construídas, através de fotos e vídeos. Também foi divulgado o depoimento de um morador que construiu a sua fossa, contando sua experiência e o passo a passo que utilizou, a fim de incentivar mais ainda os outros moradores e mostrar a facilidade na construção. Entretanto, nenhuma outra fossa foi implantada, havendo apenas o monitoramento (a distância) das que já existiam.

Acredita-se que o fato da equipe de pesquisa não ter podido dar mais assistência pessoalmente, tenha desestimulado os moradores. Além disso, o fato das pessoas não estarem mais engajadas com as questões ambientais e terem pouca percepção sobre as questões da falta de saúde associada às águas residuárias, assim como acharem “normal” os sistemas de esgotamento sanitário do jeito que está, levou a não participação mais efetiva em ambas as comunidades.

A primeira fossa, chamada de fossa 1, foi construída pelo próprio morador que participou da oficina, em um único dia, sem ajuda dos pesquisadores, demonstrando sucesso em sua apropriação tecnológica. Além disso, ele se disponibilizou para ajudar na fossa dos outros moradores. Antes de ser implantado o Círculo de Bananeiras, a água cinza era lançada no solo, a céu aberto (Fig. 43-A). O morador decidiu cavar o buraco com seção quadrada, o que fez com que os galhos ficassem bem encaixados (Fig. 43-B). Também decidiu colocar quatro bananeiras, sendo uma em cada vértice do buraco. Segundo esse morador, a fossa funcionou bem, sem exalar odor, nem houve aparecimento de insetos ou roedores. Além disso, durante a época de chuvas, percebeu que a fossa não encheu.

Figura 43-Local de implantação da fossa 1, mostrando o esgoto a céu aberto antes da fossa e as fases de construção.

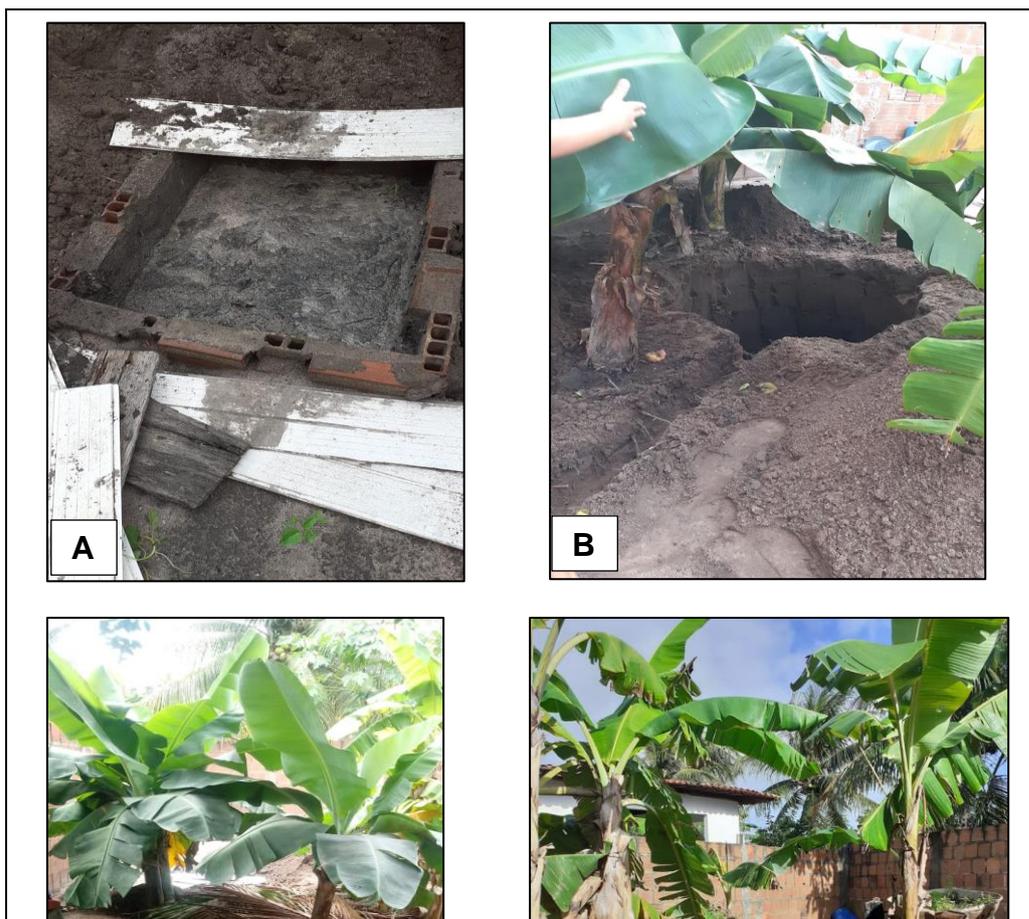


C

Fotos: Tiradas pela autora, 2020.

A fossa 2 substituiu a fossa para onde eram destinadas as águas cinzas (Fig. 44-A). Segundo a dona da casa, a antiga fossa ficava sempre cheia, demorando muito tempo para esvaziar. O local da fossa foi escolhido como meio de aproveitar as bananeiras que já existiam. Entretanto, de acordo com a moradora, a nova fossa apresentou problemas de transbordamento e presença de insetos. Diante disso, a moradora decidiu reconstruí-la em outro local, com as bananeiras mais espaçadas entre si para impedir de fazer sombra no local do buraco.

Figura 44-A fossa rudimentar foi substituída pela fossa ecológica (fossa 2).

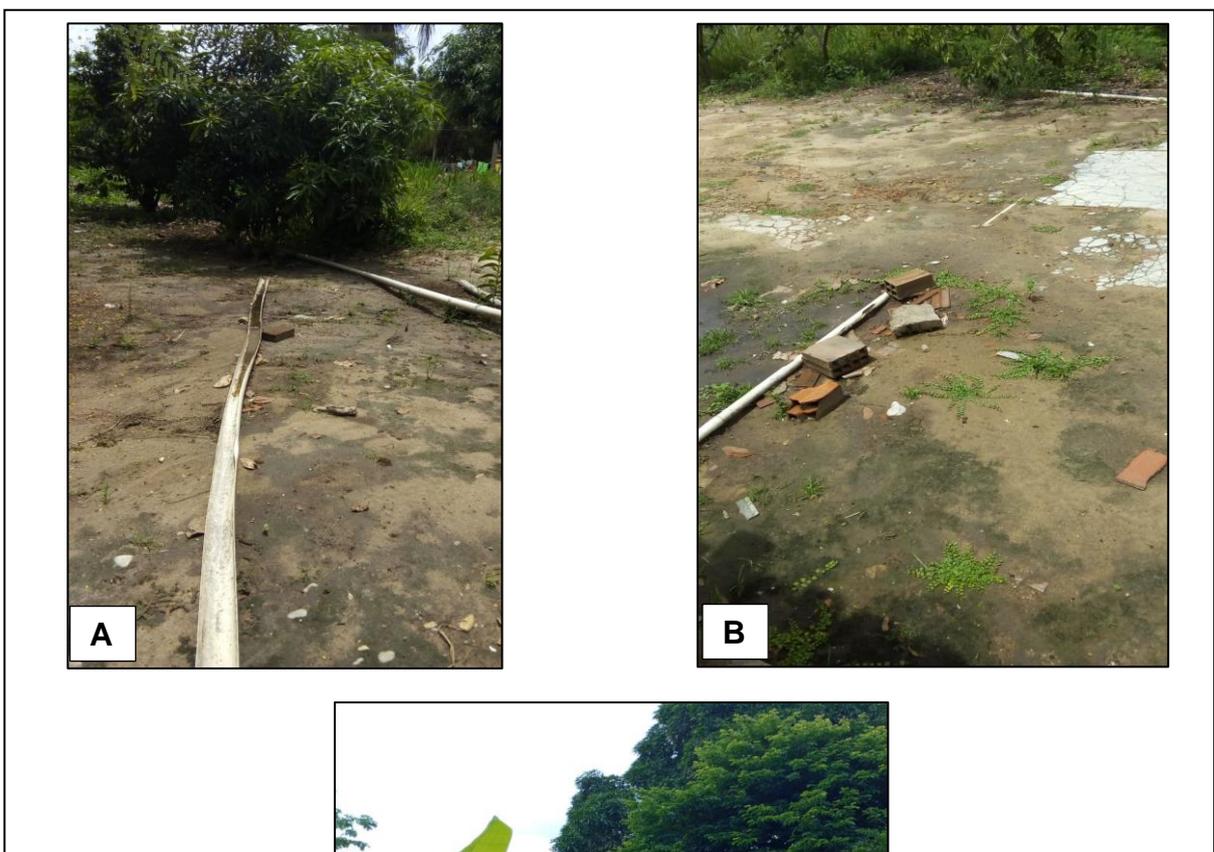


C**D**

Fotos: Tiradas pela autora, 2020.

As fossas 3 e 4 foram construídas em uma única casa, cuja encanação dividia as águas cinzas em duas partes, uma proveniente da lavanderia, que irrigava as plantas (Fig. 45), e outra proveniente do restante da casa, que era lançada no solo, formando poças. No caso da fossa 3, a moradora precisou comprar canos para substituir as calhas que eram utilizadas, de forma a evitar que a água continuasse correndo a céu aberto.

Figura 45-Antes e depois da fossa 3 construída.



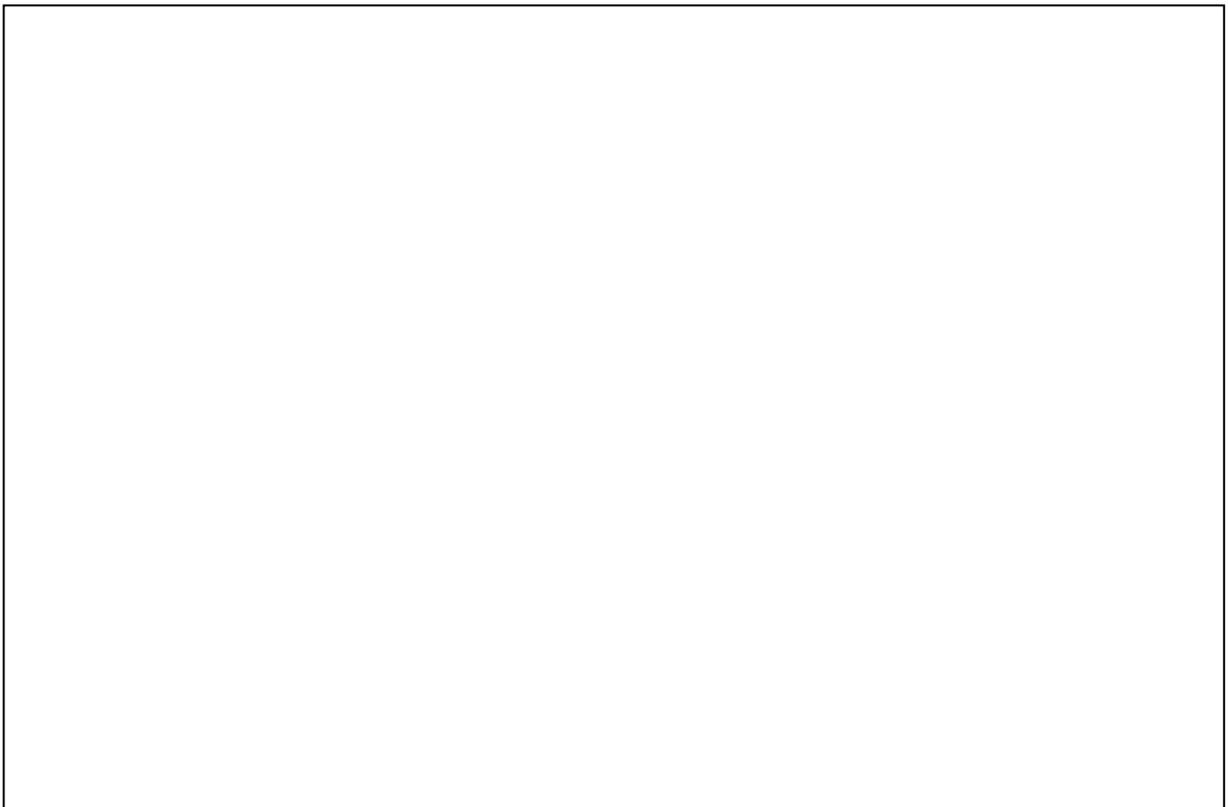
A figura 26 mostra cada uma das fossas nove meses depois de construídas. Segundo os moradores, as fossas continuaram funcionando normalmente, sem aparecimento de insetos, sem mau cheiro e sem transbordamento.

C

Fotos: Tiradas pela autora, 2020.

Nove meses depois de construídas as fossas, os moradores relataram não haver nenhum problema de aparecimento de insetos, mau cheiro ou transbordamento e que estavam funcionando normalmente (Fig. 46).

Figura 46-Fossas após nove meses de funcionamento.





Fonte: Moradores de Rio do Banco, 2020.

Brito (2015) também utilizou o processo participativo para inserir fossas verdes em comunidade, expondo os benefícios trazidos para a população, como a minimização de doenças de veiculação hídrica, e para o meio ambiente, com a

preservação dos recursos hídricos. A participação da Secretaria do Meio Ambiente no diálogo dos moradores, segundo a autora, foi de suma importância para o aceite da comunidade.

Coelho (2013) considerou a participação da comunidade um fator importante no processo de apropriação do sistema de fossa verde, procurando sempre envolver a população em todas as fases do projeto. “Tais ações constituem um processo estratégico para a sensibilização dos participantes no tocante à preservação dos recursos naturais e a sua relação com o bem estar da população, facilitando a obtenção dos resultados” (COELHO, 2013, p. 55).

Semelhantemente a este trabalho, Oliveira (2020) trabalhou a percepção ambiental e a gestão participativa como meio de introduzir as fossas ecológicas, entretanto utilizando Tevap em associação com Círculo de Bananeiras. A autora utilizou as fossas como meio de melhorar a água do Rio do Cabelo, em João Pessoa-PB, e de água subterrânea (poços artesianos), verificando uma considerável melhoria na quantidade de nutrientes presentes em dois poços, um com 12m de profundidade e outro com 30 m, e no Rio do Cabelo, após a construção das fossas e da aplicação de biotratamento com biorremediação no citado rio.

4 CONCLUSÃO

Os dados da pesquisa mostraram que em relação à percepção ambiental, as pessoas questionadas na pesquisa percebem a poluição no solo e na água. Têm noção de que a poluição do solo é provocada pelas águas residuárias que são lançadas a céu aberto, mas não consideram que polua o lençol freático nem o açude.

Apesar do Açude Pindobal ser um lugar de uso público para a balneabilidade, muitos relataram a presença de resíduos sólidos no local, os quais são jogados principalmente nos fins de semana, quando os moradores se reúnem no local para lazer.

Apesar de muitas doenças de veiculação hídrica não terem sido reconhecidas nas respostas dos questionários, em conversa informal, relataram que todas as pessoas das comunidades, em algum momento, já foram acometidas por diarreia. Tanto os moradores quanto a médica do posto de saúde afirmaram ser comum casos

de parasitoses intestinais, as quais estão relacionadas com a falta de esgotamento sanitário.

Apesar de a maioria reconhecer que a água de lavagem possui mau cheiro e atrai insetos e roedores, deixam suas crianças brincarem com ela, tendo o contato direto. Da mesma forma, a maioria utiliza o Açude Pindobal para lazer mesmo acreditando que sua água não é limpa. Também, consideram ter uma boa qualidade de vida, apesar de todos os problemas.

As pessoas, quando apresentadas à biotecnologia para o tratamento das águas residuárias cinzas, a princípio, gostaram da ideia e demonstraram interesse em participar do projeto. Apesar de alguns terem implantado as fossas em suas casas, esperava-se que mais pessoas colocassem em prática, tendo em vista que a própria comunidade iria desfrutar dos benefícios. No entanto, isso não aconteceu e apenas três residências construíram as fossas Círculos de Bananeiras.

É possível que se não tivesse tido a pandemia Covid-19, forçando ao isolamento social, que mais pessoas pudessem ter sido induzidas a construir mais Círculos de Bananeiras ou até o Tevap.

Já foram realizados muitos trabalhos no Brasil sobre fossas ecológicas, porém ainda é escasso os que utilizaram apenas o Círculo de Bananeiras, sendo mais comum o Tevap. O processo de apropriação dessas tecnologias geralmente é semelhante, com gestão participativa, mostrando satisfação da comunidade com o projeto e com as fossas. Além disso, percebe-se melhores resultados quando há o engajamento da prefeitura municipal no projeto.

A hipótese de pesquisa testada (H2) foi rejeitada, visto que as pessoas não relacionam a presença de esgoto a céu aberto com a presença de muitas doenças de veiculação hídrica, assim como não percebem que a poluição do ambiente aquático seja consequência das águas cinzas a céu aberto e em consequência, mesmo com o aumento da sensibilização em relação a esses impactos, de um modo geral não demonstraram interesse em construir suas fossas ecológicas, nem para o tratamento de águas cinzas que não tem custo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei n. 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n 6.528, de 11 de maio de 1978. **Diário Oficial da União**. Brasília, 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/downloads/arquivos/decreto-11445.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

BRITO, A. S. **Estudo da viabilidade de implantação de Fossa Verde em comunidade rural**: Tecnologia social para a convivência no Semiárido, Crato-CE. 2015. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional Sustentável) – Universidade Federal do Cariri (UFCA), PRODER, Juazeiro do Norte, 2015.

COELHO, C. F. **Impactos socioambientais e desempenho do sistema fossa verde no assentamento 25 de maio, Madalena (CE)**. 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de Tanque de Evapotranspiração**. 2009. Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009. Disponível em: <http://fazenda.ufsc.br/files/2017/02/2009-GALBIATTI-Tratamentode-aguas-negras-por-tanque-de-evapotranspiracao.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

LOBATO, A. O. C. Uma gestão ambiental participativa: a difícil simbiose entre o público e o privado. In: RONCHI, L. H.; LOBATO, A. O. C. (Orgs.). **Minas do Camaquã: um estudo multidisciplinar**. São Leopoldo: Unisinos, 2000. p. 317-335. Disponível em: <https://braunerlobato.files.wordpress.com/2013/01/lobato-2000-ambiental.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2020.

MARINHO, F. B. **Ostreicultores e ostreicultura**: a sustentabilidade de sistemas produtivos nas zonas costeiras da Paraíba e de Santa Catarina. 2019. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – CCEN/UFPB, João Pessoa, 2019.

MOLLISON, B.; SLAY, R. M. **Introdução à permacultura**. Tradução André Luis Jaeger Soares. 2. ed. Brasília: MA/SDR/PNFC, 1994.

MOLLISON, B. & HOLMGREN, D. **Permaculture One**. Corgi, 1978.

OLIVEIRA, F. M. F. **Biorremediação**: uma forma de despoluição de ecossistema lótico com a utilização de biofilme e macrófitas. 2020. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) –PRODEMA/UFPB, João Pessoa, 2020.

SILVA, A. S. **Qualidade de água de abastecimento na zona rural de santa rita – PB e propostas de melhoria**. 2019. 102 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – CCEN/UFPB, João Pessoa, 2019. Disponível

em: https://sig-arq.ufpb.br/arquivos/20190822469cf71384218a53286fa145b/ANDRA_DOS_SANTO_S.pdf. Acesso em: 30 jun. 2020.

VIEIRA, I. 2006. **Círculo de Bananeiras**, Setelombas: Estação de Permacultura. Disponível em: <https://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras/>. Acesso em: 30 jun. 2020.

CONCLUSÕES GERAIS

As análises de qualidade de água do Açude Pindobal apresentaram pH e OD fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Com relação à Portaria de Consolidação 5/2017, estiveram fora dos padrões os parâmetros pH, turbidez, *E. coli* e coliformes totais. Sendo assim, a primeira hipótese do trabalho (H1) foi parcialmente corroborada, visto que a qualidade de água em relação aos outros parâmetros estava adequada.

A presença de *E. coli* e coliformes totais no Açude Pindobal pode estar relacionada com os relatos de doenças de veiculação hídrica nas comunidades e mostra ainda mais a necessidade de implementar formas alternativas de saneamento rural, como as fossas ecológicas. Também deve haver mais atenção por parte das prefeituras dos municípios de Mamanguape e Rio Tinto, a fim de evitar a contaminação dos moradores e não trazer risco à saúde e ao bem estar.

É possível reduzir a carga de esgoto que alcança o ambiente aquático, com a construção de fossas ecológicas, que fazer o tratamento local do esgoto, com o reuso de água na produção de alimentos.

Como as comunidades utilizam o Açude Pindobal como área de lazer para banho e outras atividades, como lavagem de roupas, é importante melhorar a qualidade de água desde açude.

O estudo de percepção ambiental mostrou que as pessoas, apesar de reconhecerem a poluição do solo devido à escorrência das águas cinzas a céu aberto, não as relaciona com a perda de qualidade de água do açude, nem do lençol freático, isso torna mais difícil que entendam a necessidade de tratar o próprio esgoto, para melhorar a sua própria qualidade de vida.

O presente trabalho apresentou para as comunidades as fossas ecológicas como forma de esgotamento sanitário nas comunidades rurais Pindobal e Rio do Banco, a fim de mostrar que podem ser utilizadas em qualquer zona rural e, também, em áreas urbanas onde seja possível a adoção de um sistema de tratamento de esgoto unifamiliar, favorecendo o tratamento do esgoto e reduzindo a contaminação ambiental e melhorando a saúde humana.

Tendo em vista que a população que reside em áreas rurais geralmente depende dos seus recursos hídricos, seja rio, açude ou poços, a fossa ecológica é um meio não apenas de esgotamento sanitário como também de conservação desses recursos, melhorando a qualidade ambiental e a saúde e bem estar dos moradores.

Devido à pandemia do Covid-19 e ao curto tempo da pesquisa, não foi possível instalar mais fossas nas comunidades, como era previsto inicialmente. Porém, este trabalho pode auxiliar em futuras pesquisas em Pindobal e Rio do Banco, continuando com a instalação de mais fossas e verificar se houve melhoria da qualidade da água do Açude Pindobal e de poços artesianos. Da mesma forma, pode servir como exemplo para outras comunidades, associando as fossas ecológicas com a melhoria da qualidade dos recursos hídricos.

Inicialmente, 100% dos moradores entrevistados afirmaram que gostariam de ter uma fossa para coletar a água de lavagem das suas residências. Entretanto, durante a pandemia, mesmo com orientação à distância, não houve interesse por parte dos moradores em implantar mais fossas e nenhuma outra fossa foi construída, refutando-se, assim, a segunda hipótese do trabalho (H2).

APÊNDICE A**QUESTIONÁRIO**

1) Sexo: ()Feminino ()Masculino

2) Idade: _____

3) Escolaridade:

()Fundamental incompleto

()Fundamental completo

()Analfabeto

()Médio incompleto

()Médio completo

()Superior incompleto

()Superior completo

4) Profissão:_____

5) Há quanto tempo você mora na sua atual casa?_____

6) Você acha que a fossa da sua casa polui o solo? ()Sim ()Não ()Não sei

7) Você acha que a fossa da sua casa polui o rio/açude Pindobal?

()Sim ()Não ()Não sei

8) Você acha que a água de lavagem polui o solo? ()Sim ()Não ()Não sei

9) Você acha que a água de lavagem polui o rio/açude Pindobal?

()Sim ()Não ()Não sei

10) Você acha que o rio e o açude Pindobal estão poluídos?

Sim Não Talvez Não sei

11) Você acha que a água de poço está poluída? Sim Não Não sei

12) Você acha que tem uma boa qualidade de vida aqui?

Sim Não Mais ou menos

13) Sua família adoece muito? Sim Não

14) Quais dessas doenças já ocorreu na sua família?

Hepatite A Giardíase Amebíase Leptospirose Cólera

Febre Tifoide Barriga d'água ou esquistossomose Lombriga

Se houve outras, cite aqui: _____

15) Você acha que essas doenças estão relacionadas com a água de lavagem da sua casa que corre a céu aberto?

Sim Não Não sei

16) O cheiro da água de lavagem incomoda você e a sua família?

Sim Não Mais ou menos

17) A água de lavagem atrai animais como ratos, baratas, mosquitos ou moscas?

Sim Não

18) Vocês utilizam o rio Pindobal ou o açude Pindobal para banho, pesca, lavagem de roupas, entre outros? Sim Não

19) Você já ouviu falar em Tanque de Evapotranspiração (Tevap)? Sim Não

20) Você já ouviu falar em Círculo de Bananeiras? Sim Não

21) A fossa da sua casa já encheu alguma vez? Sim Não Não sei

22) As pessoas da comunidade jogam lixo na rua, no açude e no rio Pindobal?

() Sim () Não () Não sei

23) O que você entende por saneamento básico?

24) Você gostaria de ter uma fossa para coletar a água de lavagem?

() Sim () Não

25) O que você gostaria que mudasse na comunidade para melhorar o meio ambiente?

- () Coletar a água de lavagem das casas em uma fossa
- () Coletar o lixo das casas mais vezes na semana
- () Ter água na torneira todos os dias
- () Ter uma água mais limpa para beber, cozinhar, tomar banho e lavar roupa
- () Colocar lixeiros próximo ao açude para as pessoas não jogarem o lixo na água

APÊNDICE B

TCLE - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr.(a) está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada: Fossas ecológicas como ferramenta para esgotamento sanitário e conservação de rios, desenvolvida por Rebecca Vanielly Santana de Carvalho, aluna regularmente matriculada no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação da professora Maria Cristina Basilio Crispim da Silva.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar o uso de fossas ecológicas como ferramenta para esgotamento sanitário e conservação de rios. Os objetivos específicos são: realizar o saneamento ecológico nas comunidades Pindobal, em Mamanguape-PB, e Rio do Banco, em Rio Tinto-PB, a fim de evitar a contaminação do Rio Pindobal; sensibilizar os moradores das residências onde serão implantadas as fossas; e avaliar a qualidade da água do Rio Pindobal, antes e depois da implantação das fossas ecológicas.

Justifica-se o presente estudo por se tratar de melhoria da qualidade de vida dos moradores das comunidades Pindobal e Rio do Banco, com a utilização do saneamento ecológico, pois a comunidade se encontra desprovida de saneamento básico. O interesse das

prefeituras de Mamanguape e Rio Tinto em apoiar o projeto também foi essencial para a escolha da área de estudo. Além disso, a literatura sobre o tema é pouco divulgada, fato que também despertou interesse em estudá-lo e divulgá-lo.

A participação do(a) sr.(a) na presente pesquisa é de fundamental importância, mas será voluntária, não lhe cabendo qualquer obrigação de fornecer as informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelos pesquisadores se não concordar com isso, bem como, participando ou não, nenhum valor lhe será cobrado, como também não lhe será devido qualquer valor.

Caso decida não participar do estudo ou resolver a qualquer momento dele desistir, nenhum prejuízo lhe será atribuído, sendo importante o esclarecimento de que os riscos da sua participação são considerados mínimos, limitados à possibilidade de eventual desconforto psicológico ao responder o questionário que lhe será apresentado, para que isso não venha a ocorrer, será escolhido um local privado sem a interferência de pessoas alheias ao estudo, enquanto que, em contrapartida, os benefícios obtidos com este trabalho serão importantíssimos e traduzidos em esclarecimentos para a população estudada.

Em todas as etapas da pesquisa serão fielmente obedecidos os Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos, conforme Resolução nº. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, que disciplina as pesquisas envolvendo seres humanos no Brasil.

Solicita-se, ainda, a sua autorização para apresentar os resultados deste estudo em eventos científicos ou divulgá-los em revistas científicas, assegurando-se que o seu nome será mantido no mais absoluto sigilo por ocasião da publicação dos resultados.

Caso a participação de vossa senhoria implique em algum tipo de despesas, as mesmas serão ressarcidas pelo pesquisador responsável, o mesmo ocorrendo caso ocorra algum dano.

Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Eu, _____, declaro que fui devidamente esclarecido (a) quanto aos objetivos, justificativa, riscos e benefícios da pesquisa, e dou o meu consentimento para dela participar e para a publicação dos resultados, assim como o uso de minha imagem nos slides destinados à apresentação do trabalho final. Estou ciente de que receberei uma cópia deste documento, assinada por mim e pelo pesquisador responsável, como trata-se de um documento em duas páginas, a primeira deverá ser rubricada tanto pelo pesquisador responsável quanto por mim.

Mamanguape-PB, _____ de _____ de _____.

Rebecca Vanielly Santana de Carvalho
Pesquisadora responsável

Participante da Pesquisa

Pesquisador Responsável: Rebecca Vanielly Santana de Carvalho.

Endereço do Pesquisador Responsável: Rua Duque de Caxias, 199 – Centro – Mamanguape-PB - CEP: 58.280-000 - Fone: 99956-2617 - E-mail: rebeccavanielly@gmail.com

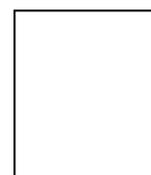
E-mail do Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba: eticaccs@ccs.ufpb.br – fone: (83) 3216-7791 – Fax: (83) 3216-7791

Endereço: Cidade Universitária – Campus I – Conj. Castelo Branco – CCS/UFPB – João Pessoa-PB - CEP 58.051-900

OBSERVAÇÃO: No caso do pesquisado ser analfabeto, deverá ser colocado o quadrículo para colocação da impressão datiloscópica, assim como deverá ser inserido o espaço para colocação da assinatura de uma testemunha.

Rebecca Vanielly Santana de Carvalho
Pesquisadora responsável

Testemunha



ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Fossas ecológicas como ferramenta para esgotamento sanitário e conservação de rios.

Pesquisador: Rebecca Vanielly Santana de Carvalho

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 26281219.8.0000.5188

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.773.277

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de pesquisa egresso do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE - PRODEMA, do CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA - CCEN, da UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, da aluna REBECCA VANIELLY SANTANA DE CARVALHO, sob orientação da Prof^ª. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar o uso de fossas ecológicas como ferramenta para esgotamento sanitário e conservação de rios.

Objetivos Secundários:

Diminuir a poluição causada pela falta de saneamento básico com a utilização das fossas ecológicas na comunidade Pindobal;

Sensibilizar os moradores da comunidade Pindobal;

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.773.277

Avaliar a eficácia das fossas ecológicas na qualidade da água do Rio Pindobal.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O estudo não oferece riscos à saúde dos participantes, contudo, poderá ocorrer algum desconforto no momento da aplicação dos questionários ou o não entendimento de alguns termos específicos, sendo esclarecidos caso haja dúvidas.

Benefícios:

Esgotamento sanitário em parte da comunidade Pindobal, melhoria da qualidade de vida dos moradores e possível melhoria da qualidade da água do Rio Pindobal.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente projeto apresenta coerência científica, mostrando relevância para a academia, haja vista a ampliação do conhecimento, onde se busca, principalmente, avaliar o uso de fossas ecológicas como ferramenta para esgotamento sanitário e conservação de rios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os Termos de Apresentação Obrigatória, foram anexados tempestivamente.

Recomendações:

RECOMENDAMOS QUE, CASO OCORRA QUALQUER ALTERAÇÃO NO PROJETO (MUDANÇA NO TÍTULO, NA AMOSTRA OU QUALQUER OUTRA), A PESQUISADORA RESPONSÁVEL DEVERÁ SUBMETTER EMENDA SOLICITANDO TAL(IS) ALTERAÇÃO(ÕES), ANEXANDO OS DOCUMENTOS NECESSÁRIOS.

RECOMENDAMOS TAMBÉM QUE AO TÉRMINO DA PESQUISA A PESQUISADORA RESPONSÁVEL ENCAMINHE AO COMITÊ DE ÉTICA PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, RELATÓRIO FINAL E DOCUMENTO DEVOLUTIVO COMPROVANDO QUE OS DADOS FORAM DIVULGADOS JUNTO À INSTITUIÇÃO ONDE OS MESMOS FORAM COLETADOS, AMBOS EM PDF, VIA PLATAFORMA BRASIL, ATRAVÉS DE NOTIFICAÇÃO, PARA OBTENÇÃO DA CERTIDÃO DEFINITIVA.

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

**UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA**



Continuação do Parecer: 3.773.277

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Tendo em vista o cumprimento das formalidades éticas e legais, somos de parecer favorável a execução do presente projeto, da forma como se apresenta, salvo melhor juízo.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1437323.pdf	21/11/2019 14:37:31		Aceito
Outros	certidao_aprovacao.docx	21/11/2019 14:30:34	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_completo.docx	21/11/2019 14:28:25	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.docx	21/11/2019 14:27:55	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Outros	Curriculo_Cristina.pdf	07/11/2019 12:30:28	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	07/11/2019 12:28:25	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Outros	questionario.docx	11/10/2019 12:51:48	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	08/10/2019 20:48:14	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito
Orçamento	orcamento.docx	08/10/2019 20:44:47	Rebecca Vanielly Santana de Carvalho	Aceito

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br

UFPB - CENTRO DE CIÊNCIAS
DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA



Continuação do Parecer: 3.773.277

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 16 de Dezembro de 2019

Assinado por:

**Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))**

Endereço: UNIVERSITARIO S/N

Bairro: CASTELO BRANCO

CEP: 58.051-900

UF: PB

Município: JOAO PESSOA

Telefone: (83)3216-7791

Fax: (83)3216-7791

E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br