



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS PENEDO
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM MEIO AMBIENTE**

**DORIEDSON SILVA SANTOS JUNIOR
MACELLE VITÓRIA SANTOS REIS**

FÓSFORO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NO RIO PIAUÍ - AL

**PENEDO, AL
2022**

DORIEDSON SILVA SANTOS JUNIOR
MACELLE VITÓRIA SANTOS REIS

FÓSFORO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NO RIO PIAUÍ - AL

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Meio Ambiente do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Meio Ambiente.

Orientadora: Profa. Dra. Elisangela
Costa Santos

PENEDO, AL
2022



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Penedo
Biblioteca

S237f

Santos Júnior, Doriedson Silva.

Fósforo em sedimentos superficiais no rio Piauí - AL / Doriedson
Silva Santos Júnior, Macelle Vitória Santos Reis. – 2022.

28f.: il.

Orientação: Prof.^a Elisângela Costa Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Técnico de Nível Médio
Integrado em Meio Ambiente) – Instituto Federal de Alagoas,
Campus Penedo, Penedo, 2022.

Trabalho acadêmico em versão digital.

1. Análise físico-química. 2. Fósforo. 3. Sedimentos – Rio
Piauí, AL. I. Reis, Macelle Vitória Santos. II. Santos, Elisângela
Costa. III. Título.

CDD: 628.16

Maria Luzia Alexandre de Oliveira
Bibliotecária/Documentalista
CRB-4/2159


DORIEDSON SILVA SANTOS JUNIOR
MACELLE VITÓRIA SANTOS REIS

FÓSFORO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NO RIO PIAUÍ- AL

Artigo científico apresentado ao Curso Técnico de Nível Médio Integrado em Meio Ambiente do Instituto Federal de Alagoas, campus Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Técnico em Meio Ambiente.

APROVADO(A) EM: 13 / 09 / 2022

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Elisangela Costa Santos
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Profa. MSc. Maria Lilian de Freitas Lima
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



Profa. Dra. Marina de Magalhães Silva
Instituto Federal de Alagoas - IFAL

FÓSFORO EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS NO RIO PIAUÍ

Doriedson Silva Santos Junior e Macelle Vitória Santos Reis¹

RESUMO

Com o desenvolvimento industrial e urbano, ações antrópicas vêm causando uma grande degradação nos recursos hídricos. Indicadores ambientais, como os sedimentos, são importantes na análise do grau de contaminação do ecossistema aquático, visto que podem ser considerados como a memória de um rio devido a sua capacidade de armazenar informações. Nessa perspectiva, o presente trabalho analisou a concentração fósforo nos sedimentos superficiais do rio Piauí, por espectrofotometria UV-Vis, além da análise de parâmetros físico-químicos da água, visando indicar possíveis impactos como a eutrofização. Os resultados comprovaram que as concentrações de fósforo obtidas não foram significativas para causar um desequilíbrio ambiental com o acúmulo desse nutriente. Apesar disso, a análise dos parâmetros físico-químicos da água, realizados nessa pesquisa, não foi possível comprovar possíveis substâncias perigosas que possam está presentes no corpo hídrico. Dessa maneira, é preciso fazer análises físico-químicas mais detalhadas ao longo dos anos, entendendo o comportamento do rio Piauí e possíveis causas que influenciam nas suas características.

Palavras-chave: Fósforo; Sedimentos; Bacia hidrográfica;

ABSTRACT

With industrial and urban development, human actions have been causing a great degradation in water resources. Environmental indicators, such as sediments, are important in the analysis of the degree of contamination of the aquatic ecosystem, since they can be considered as the memory of a river due to its ability to store information. In this perspective, the present work analyzed the phosphorus concentration in the superficial sediments of the Piauí River, by UV-Vis spectrometry, in addition to the analysis of physical-chemical parameters of the water, aiming to indicate possible impacts such as eutrophication. The results showed that the phosphorus concentrations obtained were not significant to cause an environmental imbalance with the accumulation of this nutrient. Despite this, the analysis of the physical-chemical parameters of the water, carried out in this research, it was not possible to prove possible dangerous substances that may be present in the water body. In this way, it is necessary to carry out more detailed physical-chemical analyzes over the years, understanding the behavior of the Piauí River and possible causes that influence its characteristics.

Keywords: Phosphor; Sediment; Hydrographic basins

¹ IFAL-Campus Penedo - Rod. Eng. Joaquim Gonçalves - Dom Constantino, Penedo - AL.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, devido ao grande desenvolvimento urbano e industrial, o grau de poluição ambiental vem aumentando, tornando-se preocupante para a contemporaneidade (MEDEIROS,2017). Segundo Macedo e Sipaubatavares (2005) apud Lima (2018), no Brasil e na maioria dos países em desenvolvimento a maior parte do esgoto bruto (doméstico, industrial, ou efluentes de sistema de cultivo) é lançado sem tratamento prévio nos cursos d'água.

O despejo de efluentes sem tratamento nos corpos hídricos pode ocasionar na piora da qualidade desse recurso, tendo como consequências a degradação de ecossistemas da fauna e da flora, reduzindo a biodiversidade e corroborando para o acúmulo de nutrientes. Prejuízos financeiros também são influenciados perante esse tipo de poluição, encarecendo tratamentos para a água e aumentando gastos com a saúde, em decorrência do aumento das doenças por veiculação hídrica. Perante isso, tendo como exemplo o rio Piauí-AL, afluente do rio São Francisco na parte baixa do seu curso.

De acordo com Silva et al. (2018), esse afluente possui destaque no estado de Alagoano, possuindo a nascente na cidade de Arapiraca-AL, e desaguando no velho Chico na cidade de Piaçabuçu. A sua bacia hidrográfica tem uma área aproximada de 1109.4 km², segundo a secretaria de Estado do meio ambiente e recursos hídricos de Alagoas- SEMARH/AL. O curso principal desse afluente possui 130 km de extensão, abrangendo os municípios de Arapiraca, Limoeiro de Anadia, Junqueiro, São Sebastião, Teotônio Vilela, Coruripe, Feliz Deserto, Penedo e Piaçabuçu (Pacheco, 2018).

A bacia do Rio Piauí está inserida nas províncias geológicas da Borborema e cobertura cenozoica (IBGE, 2020). Pacheco (2018) classifica os solos da bacia como "Latosolos e argilossolos em topos de chapadas e residuais, e Argilossolos vermelho-amarelos nas áreas de depressões como os vales dos rios."

Segundo Feitosa (2020), decorrente ao aumento da urbanização e crescimento populacional dos últimos anos, o município de Arapiraca- AL não conseguiu conciliar a preservação ambiental frente ao desenvolvimento econômico, de forma sustentável. Com isso, as nascentes do rio Piauí ficaram comprometidas diante da derrubada de matas ciliares, retificação de algumas partes do curso, e despejo de efluentes por falta de saneamento básico na cidade. Diante disso, esses

aspectos negativos podem comprometer a qualidade hídrica do Rio Piauí; acelerando processos de assoreamento, eutrofização, e presença de coliformes fecais como apresentados em alguns trabalhos.

Entre os diversos indicadores ambientais que possam refletir a qualidade em corpos d'água, os sedimentos são um dos mais analisados, visto que, seus compartimentos são testemunhas de processos que ocorreram ao passar do tempo.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é quantificar o fósforo presente nos sedimentos superficiais no rio Piauí- AL, entre as cidades de Penedo, Coruripe e Piaçabuçu. Os demais são: quantificar a matéria orgânica dos sedimentos (MO); e relacionar a quantidade de fósforo dos sedimentos com parâmetros físico-químicos da água, fazendo uma comparação com dados de 2019 e 2022.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Sedimentos

De acordo com Fonseca (2021), os sedimentos são um conjunto de minerais e compostos orgânicos que estão constituídos e associados a diversos íons. O seu processo é bem parecido com o da formação dos solos, com seus componentes sendo frutos de erosão de rochas, causados por intemperismo, agentes físicos, químicos, biológicos e antropogênicos. Fatores como o processos de decomposição, despejo de efluentes, e excretas de animais contribuem para a parcela de matéria orgânica do sedimento.

Os sedimentos podem está em suspensão, ou depositados no leito do rio. Ações que provoquem a ressuspensão das partículas corroboram para ciclagem biogeoquímica de elementos, bem como o transporte de nutrientes, matéria orgânica, substâncias e metais que possam comprometer o corpo d'água e sua biodiversidade (ZAMBRANO, 2021)

Assim como o solo, o sedimento pode ser classificado a partir da sua granulometria, com a porcentagem da fração de argila, silte, e areia que o compõe , indicando a textura do solo (DERÍSIO, 2012). A energia cinética da água é um fator

importante para determinar o tipo e o tamanho das partículas que compõe os sedimentos, visto que, ambientes com massas de água mais agitadas, tendem a ter sedimentos mais grossos depositados em seu fundo, com sua massa sendo maior que a força de arrasto da água e com isso não sendo transportados tão facilmente. Já em locais com o ritmo mais lântico, o acúmulo de partículas mais finas é maior, ocorrendo menos transporte de materiais e estando mais suscetíveis a impactos diante da renovação das águas serem mais lentas (PEREIRA, 2011 apud ZAMBRANO, 2021).

Segundo Santos (2019), a amostragem dos sedimentos depende muito do objetivo do estudo e das questões ambientais a serem analisadas. Para a análise de processos mais recentes, é interessante a coleta sedimentos superficiais por apresentarem contato com características geoquímicas, sedimentares e ambientais que o corpo hídrico está passando. Enquanto o estudo de sedimentos subsuperficiais, pode indicar processos antigos que ocorreram no passado, mostrando aspectos das camadas da coluna sedimentar.

3.2 Fósforo

O fósforo é um elemento químico, representado pela letra “P”, essencial a vida na Terra, sendo distribuído de forma sedimentar na natureza. Esse nutriente vem preocupando bastante os pesquisadores e ambientalistas perante os impactos causados pelo seu excesso em corpos hídricos (SANTOS, 2019), provocando o processo de eutrofização, diminuindo a biodiversidade, e prejudicando a qualidade da água.

De maneira natural, o principal meio do fósforo distribuir-se no meio ambiente é através da erosão de rochas fosfáticas, principal reservatório de fósforo na Terra, liberando o P na forma de fosfato (PO_4^{3-}), com os resíduos desse elemento podendo ser absorvido pelas plantas; outra forma é através da decomposição de seres vivos (DERÍSIO, 2012).

Nos corpos hídricos, atividades antrópicas podem provocar o excesso de fósforo, como o despejo de efluentes (domésticos e industriais) não tratados, desse modo aumentando concentração da matéria orgânica e outros nutrientes; além disso, os usos de fertilizantes e defensivos agrícolas podem provocar o carreamento de P de fósforo para a água.

A concentração de fósforo no sedimento depende de diversos fatores que ocorrem na sua superfície com a água, como a retenção, a liberação e a carga externa de fósforo do sedimento, desse modo, ocorrendo processos de adsorção e dessorção, tendo o enriquecimento ou retirada do elemento (FONSECA, 2021).

3.3 Principais Parâmetros físico-químicos

3.3.1 Temperatura e Oxigênio Dissolvido

A temperatura é uma grandeza escalar, que mede a energia cinética do grau da agitação de partículas. Ela pode tender a diminuir de acordo com o aumento da altitude na atmosfera ou na profundidade de corpos d'água. Ela influencia no metabolismo dos seres vivos e na velocidade das reações.

O oxigênio dissolvido na água é de importância vital para os seres aeróbios aquáticos. A concentração do oxigênio dissolvido pode diminuir de acordo com o aumento da temperatura da água, seja por de diminuir a solubilidade do O_2 , ou pelo o aumento do seu consumo por animais aeróbios aquáticos (DERISIO, 2012). A incidência de raios solares altera os níveis de OD durante o dia, pois influencia no processo de fotossíntese de seres autótrofos.

3.3.2 Turbidez

De acordo com De Andrade (2020), a turbidez é o termo usado para indicar o grau da clareza da água. As principais partículas suspensas que causam turbidez são a areia, argila, resíduos orgânicos e materiais minerais, ocasionando um aspecto mais turvo a água conforme a quantidade vai aumentando. A turbidez alta dificulta a passagem da luz em corpos hídricos, influenciando no processo de fotossíntese de seres autótrofos, na produção de O_2 , e no processo de eutrofização.

A análise de impactos ambientais em corpos d'água pode utilizar a turbidez como indicativo de perturbações no meio aquático. Erosões frutas da derrubada da cobertura vegetal ocasionam um acúmulo de materiais em suspensão e desse modo aumentando a turbidez.

Segundo Vieira (2019) a turbidez elevada em mananciais para consumo humano, aumenta o custo do tratamento da água potável para o consumidor, visto

que as estações de tratamento de água (ETA) utilizam mais reagentes para se enquadrar nas normas da legislação. De acordo com a portaria 2914 de dezembro de 2011, do Ministério da Saúde, o valor máximo de turbidez para o padrão de potabilidade da água é de 1 NTU.

3.3.3 pH.

O potencial de hidrogênio é expresso por uma faixa numérica de equilíbrio entre íons (H^+) e (OH^-) de uma solução. A sua variação é de 0 a 14, com o valor 7 sendo considerado neutro, ou seja, quando há a mesma concentração de íons H^+ e OH^- (DERISIO, 2012). Para valores abaixo de 7, o íon H^+ irá se sobre sair para um meio mais ácido. Valores acima de 7 são considerados meios básicos, tendo predominância de íons OH^- .

3.3.4 Alcalinidade

A alcalinidade é um parâmetro que mede a tendência de substâncias no corpo hídrico em tentar neutralizar ácidos sem haver mudanças bruscas do Potencial de hidrogênio (pH). A concentração do carbono inorgânico indica a capacidade de tamponamento da água, ou seja, a sua capacidade em neutralizar valores baixos de pH. Os principais íons de carbono que influenciam na alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e dióxido de carbono (CO_2) (COELHO, 2015).

Águas que apresentam mudanças significativas no valor do pH, apresentam alcalinidade baixa. Já em águas com maior capacidade de tamponamento, indicam que a alcalinidade está mais alta.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo: Rio Piauí

Os pontos amostrais foram pensados estrategicamente por Souza e Silva (2020), tendo as rodovias AL-105 e AL-101 Sul como principal caminho de apoio. As coordenadas geográficas nos pontos amostrais estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Pontos amostrais

Pontos	Latitude	Longitude
P1	-10,11361111	-36,43744444
P2	-10,15116944	-36,36650278
P3	-10,16259444	-36,34921111
P4	-10,33949444	-36,48981944
P5	-10,40129444	-36,49921389

Fonte: Os autores, 2022.

Entre os pontos analisados, o P1 é o que apresenta a paisagem com a vegetação mais densa em relação aos demais, estando localizado no território rural de Penedo-AL. O P2 e o P3 estão próximos ao povoado Pindorama, município de Coruripe-AL; visualmente, possuem atividades agropecuárias como a criação de gado e a predominância da monocultura da cana-de-açúcar, com o último ponto mencionado estando próximo de uma indústria do ramo sucroalcooleiro. O P4 está também dentro da malha territorial de Penedo-AL, na parte rural, inserido na APA-Marituba do Peixe (área de preservação ambiental), sendo o único ponto que apresentou a movimentação da água de forma mais lântica. O P5 está localizado na cidade de Piaçabuçu na foz do rio Piauí desaguando no São Francisco. As imagens dos pontos amostrais estão descritas nas Figuras 1, 2, 3,4, 5, 6.

Figura 1 - Ponto Amostral P1

Fonte: Os autores, 8 de março de2022.

Figura 2 - Ponto amostral P2

Fonte: Os autores, 8 de março de 2022.

Figura 3 - Ponto amostral P3



Fonte: Os autores, 8 de março de 2022.

Figura 4 - Ponto amostral P4



Fonte: Os autores, 8 de março de 2022.

Figura 5 - Ponto Amostral P5



Fonte: Os autores, 04 de maio de 2022.

4.2 Dados da água e sedimentos de 2019

Em 2019, houve uma pesquisa de campo sobre a qualidade hídrica do rio Piauí, realizada por Souza e Silva (2020), nos mesmos pontos amostrais deste trabalho. Além da coleta da água, sedimentos também foram coletados, mas que não chegaram a ser analisados. Com isso, os autores deste trabalho teve a oportunidade de analisar os sedimentos de 2019, e comparar a concentração de fósforo com os de 2022, juntamente com os dados da água.

Vale ressaltar que os dados da água de 2019 escolhidos foram de acordos com a data de coleta dos sedimentos, com o P3 tendo os dados referentes ao mês de setembro e os demais pontos ao mês de novembro.

4.3 Amostragem e análise da água para as campanhas de 2022

Em cada ponto amostral, a água foi coletada em garrafas pets de 1 Litro, que foram previamente ambientadas com a água do rio Piauí. A maioria dos parâmetros físico-químicos foram medidos *in loco* com a sonda Akron modelo KR8405, entre eles estão o pH (potencial de hidrogênio), temperatura, salinidade, OD (oxigênio dissolvido), e condutividade. A turbidez e a alcalinidade foram os únicos parâmetros obtidos no laboratório.

4.3.1 turbidez

A turbidez foi analisada no laboratório de química orgânica do IFAL- Campus Penedo, com o turbidímetro da marca PoliControl, modelo Ap-2000.

4.3.2 Alcalinidade

Nesse parâmetro a alcalinidade foi obtida através do método titulométrico com ácido sulfúrico (H₂SO₄). Inicialmente foi adicionado três gotas da solução indicadora verde de bromocresol e vermelho de metila em 50 mL da amostra de água. Em caso da coloração da amostra alterar-se, titular com H₂SO₄, com a concentração utilizada de 0,001 mol.L⁻¹, até a mudança da coloração de azul-esverdeado para róseo.

Calculo utilizado para determinar a alcalinidade:

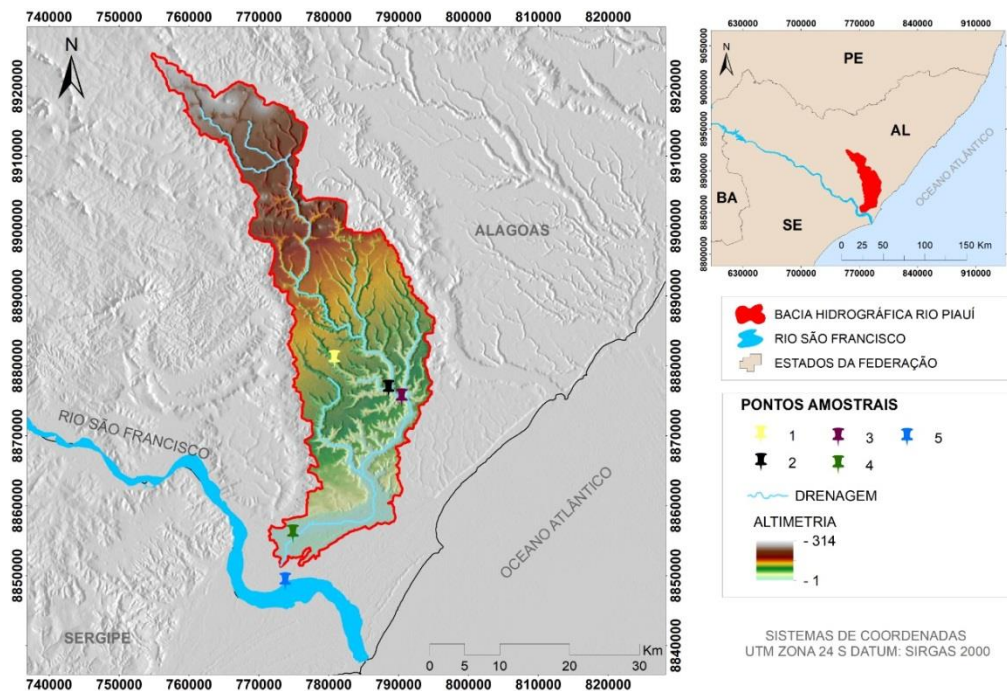
$$\text{Alcalinidade em mg.L}^{-1} \text{ de CaCO}_3 = \frac{(\text{VolumegastodeH}_2\text{SO}_4) * 20}{\text{Volumedaamostra}}$$

4.4 Amostragem de sedimentos

O procedimento de amostragem foi realizado em duas campanhas, com a primeira sendo realizada em 8 de março de 2022, e a segunda sendo realizada em 4 de maio de 2022 (no período de cheia do rio Piauí). Os sedimentos superficiais foram coletados manualmente, utilizando luvas de nitrila e sacos plásticos (0-20 cm) para seu armazenamento. Foram cinco pontos amostrais descritos na Figura 6, entre as cidades alagoanas de Penedo, Coruripe e Piaçabuçu. Posteriormente a

etapa de coleta, os sedimentos ficaram em um processo de secagem natural, com a boca dos sacos entre aberta até a retirada da umidade. Após isso, cada sedimento seco passou por uma peneira com malha de 2 milímetros para retirada de minerais mais grossos e galhos maiores. Na figura 6, é possível visualizar o curso principal do Rio Piauí e os pontos que foram coletadas as amostras.

Figura 6 - Mapa dos pontos amostrais na bacia hidrográfica do rio Piauí-AL



Fonte: Os autores, 2022.

4.5 Determinação do fósforo por espectrofotometria

A metodologia (adaptada) utilizada é de Teixeira et al. (2017). Inicialmente pesou-se 0,4 g de sedimento, depois, a amostra pesada é transferida para o tubo Falcon graduado de 15 mL, e acrescentada 10 mL de HCl (ácido clorídrico) com a concentração de 1 mol.L^{-1} . Em seguida, deve ser mantida em agitação durante um período de 3h30min na centrífuga, e posteriormente em repouso durante 50 min para as partículas decantarem. Logo após, o sobrenadante é retirado e colocado em tubo Falcon graduado de 50 mL. O procedimento foi feito em triplicada para cada amostra de sedimento.

4.5.1 Preparo da amostra para ser analisada no espectrofotômetro

Em tubo de Falcon graduado de 15 mL, com o auxílio de uma micropipeta, acrescentou-se nesta ordem: uma alíquota de 500 µL do sobrenadante da amostra; 800 µL de solução mista (contendo molibdato de amônio tetrahidratado e tartarato de potássio); 10 mL de água ultrapura, e 200 µL de ácido ascórbico (500 ppm). Essa solução ficou em agitação na centrífuga durante 30 min, e mais 30 min em repouso. Após a etapa anterior, caso ocorra formação de um complexo azul, é um indicativo da presença de fósforo na forma de Fosfato (PO_4^{3-}).

Após isso, no espectrofotômetro Model NOVA 2000, foi analisada a absorvância, ou seja, a quantidade de luz absorvida pela solução da amostra, a um comprimento de onda de 650 nanômetros. Esse valor do comprimento de onda é correspondente ao pico de absorvância do fósforo para o equipamento utilizado, isso foi observado após um estudo com a varredura analisada começando em 600 nm até 900 nm. Nas figuras 7 e 8 mostram respectivamente a varredura estudada e o espectrofotômetro utilizado.

Figura 7- Gráfico da absorvância do fósforo



Fonte: Os autores, 2022.

Figura 8 - Espectrofotômetro utilizado, modelo Nova 2000



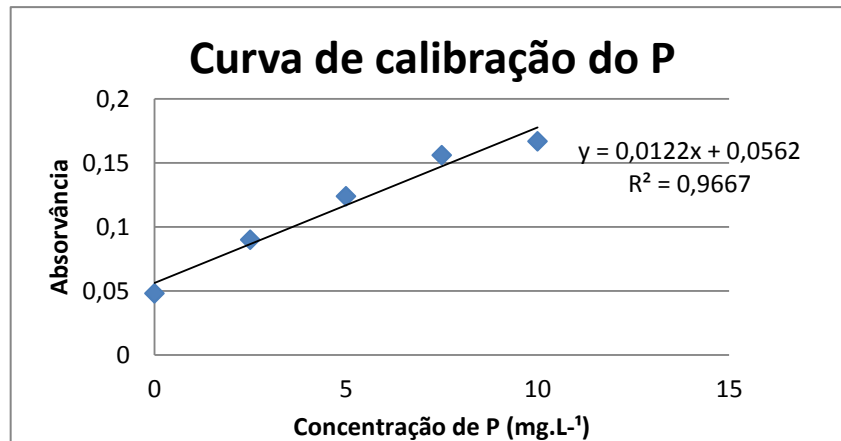
Fonte: Os autores, 2022.

5 VALIDAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO

De acordo Ribani et al, (2003), a exigência de validação dos métodos analíticos está cada vez mais severa, visto que, métodos não confiáveis podem causar acidentes, obtenção de dados incertos, e prejuízos financeiros. Desse modo, esse processo é muito importante para dar confiabilidade e veracidade dos resultados.

5.1 Curva de calibração

O método utilizado por espectrofotometria fez-se necessário fazer a curva de calibração gerada a partir de um gráfico, com a concentração no eixo das abscissas, e absorvância, no eixo das ordenadas. Com isso, foi obtido o coeficiente de correlação, e a equação da reta para o fósforo, mostrados na Figura 9 e na Tabela 2. Na Figura 10 é possível observar que conforme a concentração de fósforo aumenta a tonalidade de azul vai ficando mais escuro.

Figura 9 - Curva de calibração do fósforo

Fonte: Os autores, 2022.

Tabela 2. Valores da equação da reta

Elemento	Equação da reta	Coefficiente de correlação
P	$y = 0,0122x + 0,0562$	$r = 0,983209$

Fonte: Os autores, 2022.

Figura 10 - Curva de calibração

Fonte: Os autores, 2022.

5.2 Limites de detecção (LOD) e de quantificação (LOD)

O limite de detecção (LOD) refere-se à quantidade mínima de concentração que pode ser identificada, mas não necessariamente medida (RIBANI, 2003). Já o limite de quantificação (LOQ) é a concentração mínima de uma amostra que pode ser calculada por um método analítico.

Inicialmente, foi realizado um total de dez brancos analíticos, obtendo valores do Limite de Detecção (LOD) e de quantificação (LOQ) através das equações 1 e 2 respectivamente:

$$(1) \text{ LOD} = 3 \cdot s/a$$

$$(2) \text{ LOQ} = 10 \cdot s/a$$

Com **s** sendo o desvio padrão dos brancos, e **a** o coeficiente angular da curva da calibração. Desse modo foi possível obter os valores de LOD e LOQ, mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de LOD e LOQ

Elemento	LOD (mg.L ⁻¹)	LOQ (mg.L ⁻¹)	LOD (mg.kg ⁻¹)	LOQ(mg.kg ⁻¹)
Fósforo (P)	0,08	0,26	2	6

Fonte: Os autores.

5.3 Exatidão

A partir do material certificado CRM 051 (Clay soil), conseguiu-se determinar a exatidão do método, obtendo uma concentração de 136 mg.kg⁻¹ e regeneração de 52,6%. A linearidade foi obtida através do coeficiente de determinação como é mostrado na Tabela 2.

6 RETIRADA DA MATÉRIA ORGÂNICA

Metodologia (adaptado) de Goldin (1987) apud Carmo (2012). Inicialmente pesou-se a massa do cadinho e 10g de sedimento. Após isso, foi aquecido em 550° Celsius durante três horas na mufla. Em seguida, o conjunto cadinho mais amostra incinerada deve ser colocado no dessecador para resfriamento da temperatura e posteriormente pesado. O teor da matéria orgânica (MO%) é obtido através do cálculo:

$$MO\% = \frac{(P - (T - C)) * 100}{P}$$

Em que P é o peso da amostra, T é peso do cadinho mais amostra incinerada, e C sendo o peso do cadinho.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Água

7.1.1 Temperatura e Oxigênio dissolvido

Ao analisar a Tabela 4, é possível notar que houve aumento de temperatura nos dados de 2022 em comparação com 2019. Em relação ao oxigênio dissolvido (OD), o P4 é o ponto mais crítico, apresentando valores muito baixos e que podem resultar no desaparecimento de espécies e o aumento da matéria orgânica por causa da mortandade dos peixes, como mostrado nas tabelas 5 e 6. Os demais pontos ficaram classificados como Classe I, segundo a resolução 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Na segunda campanha de Coleta de 2022 (C2), na Tabela 6, o OD dissolvido do P5 teve uma melhora bastante positiva, obtendo valor acima de 7 mg.L⁻¹, no qual ajuda na preservação da vida aquática. Não foi possível comparar os dados de OD de 2019 porque no trabalho de Souza e Silva (2020) não estavam expressos os valores em números.

Tabela 4. Temperatura da água

	Temperatura em graus Celsius				
Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
2019	27	27	27,3	27,4	28,8
2022 C1*	27,1	27,4	27,7	29,9	---
2022 C2*	28,5	27,6	27,6	30	29,1

C1*: Primeira campanha de coleta de 2022.

C2*: Segunda campanha de coleta de 2022.

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2019.

Tabela 5. Oxigênio dissolvido C1 2022

Pontos	OD (mg.L⁻¹)	Classes do OD
P1	6,68	Classe I
P2	6,92	Classe I
P3	6,66	Classe II
P4	2,94	Classe IV
P5	-	-

Fonte: Os autores, 2022.

Tabela 6. Oxigênio dissolvido C2 2022

Pontos	OD (mg.L⁻¹)	Classes do OD
P1	6,8	Classe I
P2	7,3	Classe I
P3	6,3	Classe I
P4	2,6	Classe IV
P5	7,1	Classe I

Fonte: autores, 2022.

7.1.2 Turbidez

De acordo com a Tabela 7, O P1 e o P2 da segunda campanha tiveram um aumento significativo de turbidez em relação aos mesmos pontos da primeira campanha de 2022 e do ano de 2019, estando enquadrados na classe II de acordo com a resolução CONAMA 357/2005. A justificativa para isso está relacionada com a falta de mata ciliar aliada ao período chuvoso, possivelmente ocasionado pelo processo de assoreamento do rio Piauí, resultante da erosão de suas margens. Os demais pontos tiveram a turbidez abaixo de 40, estando enquadrados na Classe I, como é possível observar na Tabela 7 e comparada a Tabela 8.

Tabela 7. Turbidez da água

Pontos	2019	C1 2022	C2 2022
P1	10,83 NTU	19 NTU	77 NTU
P2	12,78 NTU	26 NTU	69 NTU
P3	7,27 NTU	19 NTU	36 NTU
P4	37 NTU	11 NTU	7 NTU
P5	4,04 NTU	-	5 NTU

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2019.

Tabela 8. Turbidez no enquadramento de classes de água doce

Classes	Turbidez (NTU)
I	< 40
II	Entre 40 a 100
III	Entre 40 a 100
IV	> 100

Fonte: Adaptado resolução Conama 357/2005.

7.1.3 Potencial de Hidrogênio (pH)

Na Tabela 9 e 10, ao analisar o pH das amostras de 2019, e da primeira campanha de 2022, pode-se observar valores entre 6,4 e 6,91, valores um pouco ácidos, mas próximos da neutralidade e ideais para preservação da vida aquática, conforme resolução Conama 357/2005. O pH do P1 C2 (segunda campanha de 2022), visto na Tabela 10, apresentou um valor muito baixo da água para rios, podendo causar morte ou estresse em espécies aquáticas mais sensíveis.

Entre as possíveis causas para a variação de pH de rios estão a temperatura, despejo de efluentes, concentrações de CO₂, oxidação da matéria orgânica, pH da chuva, formações geológicas da bacia hidrográfica etc. De acordo Freire (2020), o pH influencia na fisiologia dos organismos aquáticos e na capacidade reprodutiva, com pequenas variações de pH podendo resultar em grandes efeitos para microrganismos. A maioria dos organismos aquáticos consegue se desenvolver na faixa de pH entre 6,5 a 8,5.

Tabela 9. pH da água nos pontos em 2019

Pontos	Data de medição	pH
P1	06/11/2019	6,91
P2	06/11/2019	6,88
P3	24/09/2019	6,91
P4	06/11/2019	6,4
P5	06/11/2019	6,88

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2020.

Tabela 10. pH da água nos pontos em 2022

Pontos	pH C1	pH C2
P1	6,83	5,46
P2	6,71	6,60
P3	6,85	6,23
P4	6,74	6,5
P5	-	7,35

Fonte: autores, 2022.

7.1.4 Alcalinidade

Ao analisar as concentrações de alcalinidade na Tabela 11, nota-se uma redução na segunda campanha de 2022 em relação às coletas de 2019 e de 2022 C1. Águas com baixa alcalinidade podem tender a ter uma variação maior de pH, por terem menos substâncias que possam neutralizar os ácidos, com isso, podendo ser uma das explicações que abaixou o pH do ponto P1 C2 na Tabela 11.

Tabela 11. Alcalinidade da água (mg.L⁻¹ de CaCO₃)

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
2019	1,55	1,15	2,75	1,25	1,35
2022 C1	2,23	0,84	1,13	1,45	-----
2022 C2	0,73	0,71	0,71	0,60	0,42

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2019.

7.1.5 Condutividade e salinidade

A condutividade refere-se à capacidade de uma solução aquosa em conduzir eletricidade diante de seus íons. Já salinidade é a medida dos sais dissolvidos na água. Como observados na tabela 16, todos os pontos de coleta apresentaram uma concentração menor do que 0,5 ‰, estando enquadrados como águas doces diante da resolução Conama 357/2005. Pelo comportamento dos dados nas Tabelas 12 e 13, nota-se uma influência entre estes dois parâmetros, com a condutividade aumentando conforme concentrações maiores de salinidade.

Tabela 12. Condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da água

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
2019	102,1	102,6	220	309	206
2022 C1	77,63	175,79	178,39	336,69	----
2022 C2	101,4	211	99,8	456	136,5

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2019.

Tabela 13. Salinidade da água (ppt)

Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
2019	0,06	0,06	0,015	0,017	0,11
2022 C1	0,04	0,07	0,08	0,14	-----
2022 C2	0,05	0,12	0,05	0,26	0,07

Fonte: Adaptado de Souza e Silva, 2020.

7.2 Fósforo e Matéria Orgânica

Ao comparar os resultados obtidos, observados nas Tabelas 14, 15, 16, com a legislação CONAMA 454/ 2012, foi possível observar que às concentrações de fósforo ficaram abaixo do valor alerta de 2000 mg.kg^{-1} . Diante dos resultados observados, nota-se que P4 e p5 de 2019, junto com o P2 da primeira campanha de 2022 foram os pontos que tiveram as maiores concentrações de P. Os demais pontos tiveram concentrações fósforo muito baixas, com alguns pontos ficando abaixo do limite de quantificação (LOQ) de 6 mg.kg^{-1} , mostrado nas Tabelas 14, 15, 16.

A maior concentração de fósforo obtida foi no P4 de 2019, com 103 mg.kg^{-1} , conforme a Tabela 14. A justificativa desse valor, dedutivamente, deve-se pelas características naturais do seu local. Esse ponto amostral está inserido na área de preservação ambiental Marituba do Peixe, com essa localidade possuindo ritmo mais lento do curso d'água do rio Piauí. Ele apresentou o teor de matéria orgânica (MO) considerável, com 5,37% nos seus sedimentos, podendo causar o acúmulo do fósforo por sua decomposição.

O P5 2019 foi o que teve a segunda maior concentração de fósforo com 87 mg.kg⁻¹ e com o teor de MO de 1,50%, apresentados na Tabela 14. Provavelmente essa quantidade de P foi ocasionada pelo carreamento do nutriente ao longo do curso do rio, visto que, ele está na foz do rio Piauí com o São Francisco.

Como é possível visualizar na tabela 15, para primeira campanha de 2022 (C1), o P2 foi o que teve maior concentração de P com 82 mg.kg⁻¹ e um baixo teor de matéria orgânica de 0,83%, supostamente influenciado pelo uso de fertilizantes agrícolas utilizados da monocultura da cana-de-açúcar. O P3 C1 obteve uma concentração baixa de fósforo com uma concentração de 13 mg.kg⁻¹, tendo um teor de matéria orgânica de 1,15%; apesar de ter usina sucroalcooleira perto, provavelmente teve uma influência baixa em relação a esses fatores mencionados. Os demais pontos não foram possíveis de quantificar o P com exatidão porque tiveram valores muito baixos, menores que o LOQ de 6 mg.kg⁻¹.

Na tabela 16, mostra que todos os resultados da segunda campanha de 2022 (C2) apresentaram concentrações de P muito baixas, menores que o LOQ. O motivo para isso, dedutivamente, deve-se a mudança das características dos locais decorrente as chuvas que estavam ocorrendo na região, geralmente sendo mais frequentes entre os meses de Abril e Junho. Em relação a matéria orgânica, houve aumento considerável para o P3, com um teor de 9,27%. Possivelmente, sendo consequência da derrubada de vegetação que tinha próximo ao rio Piauí, aliado com o período chuvoso. Isso possivelmente influenciou na concentração de fósforo em relação a primeira campanha de 2022. O P2 e P4 da C2 também tiveram aumento da MO em relação a c1.

Nota-se nas Tabelas 14, 15 e 16; que pontos com teores de MO mais altos como p1, geralmente tendem a apresentar concentrações de P baixas. Em trabalhos como o de Valadares (2003) e Santos (2019), foi observado que o fósforo pode comportar-se de duas formas conforme o aumento da matéria orgânica, tendo o seu acúmulo por processos de adsorção, ou ocorrendo uma competitividade com P, com a matéria orgânica se sobressaindo. Desse modo, explicando hipoteticamente, os valores de fósforo do P4.

Tabela 14. Concentração de P e teor de MO nos sedimentos de 2019

Sedimentos 2019		
Pontos	P (mg.kg ⁻¹)	MO%
P1	<6	7,75
P2	9	1,64
P3	<6	1,58
P4	103	5,37
P5	87	1,50

Fonte: os autores, 2022.

Tabela 15. Concentração de P e teor de MO em sedimentos de C1* 2022

Pontos	P (mg.kg ⁻¹)	MO%
P1	<6	10,51
P2	82	0,83
P3	13	1,15
P4	<6	6,96
P5	_____	_____

C1*: Primeira campanha de coleta.

Fonte: os autores, 2022.

Tabela 16. Concentração de P e teor de MO em sedimentos de 2022 C2*

Pontos	P (mg.kg ⁻¹)	MO%
P1	<6	6,50
P2	<6	2,38
P3	<6	9,27
P4	<6	5,36
P5	<6	3,81%

C2*: Segunda campanha de 2022.

Fonte: os autores, 2022.

8 CONCLUSÃO

Diante da pesquisa realizada, as concentrações de fósforo nos sedimentos do rio Piauí não foram tão significativas, com a maior concentração obtida sendo 103 mg.kg^{-1} no P4 de 2019, ficando bem abaixo do valor alerta de 2000 mg.kg^{-1} , segundo a resolução Conama 454 de 2012. A concentração de fósforo em sedimentos da ultima campanha de coleta 2022 tiveram valores ainda menores, estando abaixo do limite de quantificação que o método analítico pode medir, sendo menor 6 mg.kg^{-1} .

Em relação aos dados da água, o P4 foi o ponto mais crítico, obtendo valores de oxigênio dissolvido muito baixos, de 3 mg.L^{-1} , podendo causar a morte de peixes. O P2 da segunda campanha apresentou um pH bastante preocupante com valor de 5,45, podendo deixar espécies aquáticas estressadas.

Dessa maneira, apesar dessas características, a maioria dos pontos amostrais apresentaram dados positivos, com exceção P4 2019, as amostras de águas foram enquadradas nas classes I e II, da resolução Conama 357 de 2005. Percebe-se também, que o sedimento foi um bom indicador ambiental, comprovando que o rio Piauí não está eutrofizado nos pontos amostrais.

Os autores recomendam uma análise físico-química mais profunda sobre rio Piauí, aumentando número de amostras em mais pontos e acompanhando seu quadro ao longo dos anos, com estudos da sua biodiversidade aquática, desse modo, conhecendo as características e o seu comportamento decorrente as ações que vem sofrendo ao passar do tempo.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Luciano et al. **Eutrofização em rios brasileiros**. Enciclopédia biosfera, v. 9, n. 16, 2013. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwje2Ya7-ov6AhXEiJUCHbXaA-0QFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.icmbio.gov.br%2Fcepsul%2Fimages%2Fstories%2Flegislacao%2FResolucao%2F2005%2Fres_conama_357_2005_clasificacao_corpos_agua_rtfcd_a_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf&usg=AOvVaw0ZtNdQV57uci6_PpJLi_nP. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL. **Resolução CONAMA 454, 1 de Novembro de 2012**. Conselho Nacional de Meio ambiente. Disponível em: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjah8jB8ov6AhXwq5UCHVBuCEYQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.icmbio.gov.br%2Fcepsul%2Fimages%2Fstories%2Flegislacao%2FResolucao%2F2012%2Fres_conama_454_2012_materialserdragadoemaguasjurisdico naisbrasileiras.pdf&usg=AOvVaw2RWsOIQRbqHDleO4a15Bzl10/09/2022. Acesso em: 10 set. 2022.

BRASIL, **Portaria do Ministério da Saúde N° 2914 12 de dezembro de 2011**. Disponível: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html, Acesso 01 set. 2022.

CARMO, Davi Lopes do; SILVA, Carlos Alberto. **Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1211-1220, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/RRxVrmdpzbZxZ6Z7LnwZQ7H/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 ago. 2022.

Comitê da Bacia Hidrográfica do rio São Francisco. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/>. Acesso em: 28 ago. 2022.

DE ANDRADE, Angela Maria Coêlho; DA SILVA, Davi Araujo; DE ARAÚJO, Nyanne Marina Correia. Avaliação da turbidez de águas de poços da zona rural do município de Caruaru-PE. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 3, n. 2, p. 1933-1942, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/7720/6692>. Acesso: 24 de ago.2023.

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao controle de poluição ambiental**. 4ª Edição. São Paulo- Oficina de Textos, 2012, Cap.1 e 2.

De ASSIS COELHO, Deisy, Adeid. RODRIGUES Santos Silva, and Tércia Oliveira Castro. **"ANÁLISE DA ALCALINIDADE TOTAL E CONCENTRAÇÃO DE CARBONO INORGÂNICO EM TRECHOS URBANOS DE RIOS: O EXEMPLO DO RIO SANTA RITA, REGIÃO SUDOESTE DA BAHIA."** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2015. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/VIII-005.pdf>. Acesso em: 11 set. 2022.

FEITOSA, Ailton et al. **O comprometimento das águas do riacho Piauí em Arapiraca/AL: causas e consequências /Riacho Piauí water commitment in Arapiraca/AL: causes and consequences.** *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 1, p. 2227-2242, 2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/6133/5455>. Acesso em: 24 ago. 2022.

FONSECA, Elisânia Kelly Barbosa. **Avaliação da contaminação e interferência antropogênica através da análise de fósforo em sedimentos superficiais da bacia hidrográfica do rio Japarutuba.** 2021. Disponível: https://ri.ufs.br/jspui/bitstream/riufs/15661/2/ELISANIA_KELLY_BARBOSA_FONSECA.pdf. Acesso em: 30 ago. 2022.

FREIRE, Letícia Lacerda. **Variação sazonal e interanual da qualidade das águas de rios do semiárido brasileiro.** 2020. Disponível: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/53507/1/2020_dis_lfreire.pdf. Acesso: 03 set. 2022.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Portal de Mapas. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa220768>. Acesso em: 24 ago. 2022.

KLEIN, Claudia; AGNE, Sandra Aparecida Antonini. **Fósforo: de nutriente à poluente!** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, p. 1713-1721, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/6430>. Acesso em: 07 set. 2022.

LIMA, Sâmia Rafaela Maracaípe. **Determinação das frações de fósforo no sedimento superficial dos principais rios da cidade de São Roque, SP.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-18022019-141549/en.php>, Acesso em: 11 set. 2022.

LUÍZ, Ângela Marli Ewerling; PINTO, Maria Ligia Cassol; DE OLIVEIRA SCHEFFER, Elizabeth Weinhardt. **Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR.** *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, v. 24, 2012 Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/26264/17475>. Acesso em: 11 set. 2022.

MEDEIROS, Samuel Lucas Santos. **Avaliação da toxicidade da água e sedimento do Açude Santo Anastácio, Fortaleza-CE. 2017.** Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/35328>. Acesso em: 11 set. 2022.

PACHECO, Dayse dos Santos et al. **Condições socioambientais das nascentes situadas no alto Piauí: preservação das áreas e qualidade da água.** 2018. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/bitstream/123456789/8166/1/Condições%20socioambientais%20das%20nascentes%20situadas%20no%20alto%20Piauí%20-%20preservação%20das%20áreas%20e%20qualidade%20da%20água.pdf>. Acesso: 24 ago. 2022.

RIBANI, Marcelo et al. **Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos.** Química nova, v. 27, p. 771-780, 2004. Disponível em; <https://www.scielo.br/j/qn/a/bq5SjVnnKptZkf8NnK6kqRc/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2022.

ROCHA, Paulo Sérgio Gonçalves. **Análise da influência da turbidez em resultados de amostra de água.** Monografia. Pós-graduação Lato Sensu Conformidade ambiental com requisitos técnicos e legais. Escola Superior da CETESB. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/wp-content/uploads/sites/30/2020/11/Paulo-Sergio-Goncalves-Rocha-TCC-T2.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2022.

SEMAH-AL, Secretaria de Estado do meio ambiente e recursos hídricos de Alagoas. **Tabela de recursos hídricos.** Disponível <http://www.semah.al.gov.br/recursos-hidricos/regioes-hidrograficas/TABELA-RH-AL.pdf>, Acesso em: 29 ago. 2022.

SILVA, Telliane Santos Salgueiro et al. **Diagnóstico ambiental de nascentes na bacia hidrográfica do Rio Piauí, Alagoas.** Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 13, n. 3, p. 399-403, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7083395>. Acesso em: 24 ago. 2022.

SANTOS, Elisangela Costa. **Caracterização Química/Geoquímica de sedimentos do baixo curso do Rio São Francisco visando avaliar riscos ecológicos.** 2019. Tese (Doutorado em Química Analítica) – Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

SOUZA, L.V.R ; SILVA.P.R. **Qualidade hídrica do rio Piauí.** Monografia. Técnico em meio ambiente 2020. IFAL- Campus Penedo.

TEIXEIRA, P. C; .DONAGEMMA,G.K; FONTANA, A.; TEIXEIRA,W.G. Fósforo disponível. Livro técnico (INFOTECA-E). In: **Manual de Métodos de Análise de Solo.** Brasília: EMBRAPA,2017, cap.2. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/181717/1/Manual-de-Metodos-de-Analise-de-Solo-2017.pdf>. Acesso: 17 jun. 2022.

VALLADARES, G. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C. **Adsorção de fósforo em solos de argila de atividade baixa**. Bragantina, v. 62, n. 1, p. 111-118, 2003.

Disponível em:

https://www.scielo.br/j/brag/a/jwcdxrXL47LWjwDCbKXQtZn/?lang=pt&format=pdf_

Acesso em: 28 set. 2022.

VIEIRA, Maurrem Ramon. Os principais parâmetros monitorados pelas sondas multiparâmetros são: pH, condutividade, temperatura, turbidez, clorofila ou cianobactérias e oxigênio dissolvido. **Agencia Nacional das Aguas-ANA-2015**, 2019. Disponível em:

https://www.agsolve.com.br/news_upload/file/Parametros%20da%20Qualidade%20da%20Agua.pdf. Acesso: 01 de ago. 2022.

VEIGA, Bruno Victor. **Fatores intervenientes na dinâmica do fósforo em ambientes lênticos-investigação sobre o Reservatório de Alagados no Estado do Paraná**. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em:

[https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082010-](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082010-110803/publico/Tese_Bruno_Victor_Veiga.pdf)

[110803/publico/Tese_Bruno_Victor_Veiga.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-17082010-110803/publico/Tese_Bruno_Victor_Veiga.pdf). Acesso: 29 set. 2022.

ZAMBRANO, Karen Tavares. **O papel dos sedimentos de fundo de rios e riachos na dinâmica do fósforo: estado da arte e avaliação preliminar do equilíbrio água-sedimento em ambientes tropicais**. 2021. Dissertação (Mestre em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. Disponível em : <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-19102021-123936/publico/DissertacaoKarenTavaresZambranoVersaoCorrigida.pdf>. Acesso 29/08/2022. Acesso em: 29 ago. 2022.