



## **DETERMINAÇÃO DE FÓSFORO DISPONÍVEL EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO RIO SÃO FRANCISCO NAS LOCALIDADES DE PENEDO-PIAÇABUÇU POR ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS**

### ***DETERMINATION OF PHOSPHORUS AVAILABLE IN SURFACE SEDIMENTOS OF RIO SÃO FRANCISCO IN PENEDO-PIAÇABUÇU LOCATIONS BY UV-VIS SPECTROPHOTOMETRY***

<sup>1</sup>Juci A. S. Silva;

<sup>2</sup>Macelle V. S. Reis;

<sup>3</sup>Elisangela C. Santos;

<sup>1</sup>Estudante do Curso Técnico de Química, Instituto Federal de Alagoas – Campus Penedo;

<sup>2</sup> Estudante do Curso Técnico de Meio Ambiente, Instituto Federal de Alagoas – Campus Penedo;

<sup>3</sup>Professora EBTT e Coordenadora de Química, Instituto Federal de Alagoas – Campus Penedo, Rod. Eng. Joaquim Gonçalves – Dom Constantino, Penedo-AL, [elisangela.santos@ifal.edu.br](mailto:elisangela.santos@ifal.edu.br)

#### **Resumo**

O sedimento possui um importante papel na avaliação de ecossistemas aquáticos, sendo assim faz-se necessário a análise dos mesmos, uma vez que a grande maioria encontram-se em estado sólido. O Fósforo (P), por sua vez é um elemento essencial a todos os seres vivos, no entanto, o excesso desse elemento pode causar a eutrofização. Tal fenômeno causa, alterações no ecossistema aquático, entres outros problemas. Esse trabalho tem como objetivo delimitar o acúmulo de fósforo e realizar medidas físico-químicas (pH, condutividade, oxigênio dissolvido, temperatura, etc) em sedimentos superficiais do baixo curso do rio São Francisco no trecho Penedo-Piaçabuçu. Foi realizado a coleta dos sedimentos em 7 pontos compreendidos entre as cidades de Penedo-Piaçabuçu e foi realizado o levantamento das medidas físico-químicas e posteriormente a comparação das mesmas com os dados presentes na literatura. Conclui-se que apenas dois pontos apresentaram uma alteração em um dos parâmetros físico-químicos analisados, o oxigênio dissolvido (OD), valores estes que são inferiores ao valor mínimo presente na literatura.

**Palavras-chave:** Sedimento, Fósforo, Eutrofização.

#### **Abstract**

The sediment has an important role in the assessment of aquatic ecosystems, so it is necessary to analyze them, since the vast majority are in solid state. Phosphorus (P), in turn, is an essential element for all living beings, however, the excess of this element can cause eutrophication. This phenomenon causes changes in the aquatic ecosystem, among other problems. This work aims to limit the accumulation of phosphorus and perform physical-chemical measurements (pH, conductivity, dissolved oxygen, temperature, etc.) in superficial sediments of the low course of the São Francisco River in the Penedo-Piaçabuçu stretch. Sediment was collected at 7 points between the cities of Penedo-Piaçabuçu and the physical and chemical measures were surveyed and subsequently compared with the data in the literature. It was concluded that only two points showed a change in one of the analyzed physical-chemical parameters, dissolved oxygen (DO), values that are lower than the minimum value found in the literature.

**Keywords:** Sediment, Phosphor, Eutrophication.

## Introdução

Os sedimentos são muito importantes no meio aquático por refletir os processos que ocorrem no mesmo, uma vez que participam de processos internos incluindo a sedimentação, ciclagem e deposição da matéria orgânica, além de armazenar informações importantes que através de análises podem comprovar a qualidade do meio aquático (Cavalcante et al., 2018). Além disso, é importante a compreensão do sistema fluvial em sua totalidade, devido à sua importância ambiental, econômica e social (Santos, 2019).

As intervenções humanas podem afetar a qualidade do ambiente, não apenas para os organismos aquáticos, mas também para a saúde humana, por meio da ingestão de águas contaminadas. A preocupação com os efeitos das atividades antrópicas sobre o meio ambiente não é algo recente, apesar disso a poluição hídrica ainda é uma realidade preocupante (Klein & Agne, 2012).

De acordo com Assis et al. (2017) a água é um recurso imprescindível a todas as formas de vida, sendo extremamente difícil imaginar a existência de formas de vida sem este recurso vital. Sendo um recurso de extrema importância para o homem, a água vem desde a antiguidade até os dias atuais vem estabelecendo, crescendo e desenvolvendo cidades próximas a cursos d'água para atender suas demandas. Desta forma, a água é um dos pilares para o desenvolvimento da nossa sociedade e por isso deve ser preservada.

Corpos naturais de água, são ecossistemas influenciados frequentemente pela intensificação da degradação ambiental resultantes das atividades antrópicas, especialmente associadas ao aumento da densidade populacional. Tais impactos tendem a elevar a carga de efluentes industriais e domésticos, atividade agrícola e a construção de barragens que promovem a perda de habitat de espécies (Barreto et al., 2014; Abreu & Cunha, 2015).

Por ser um dos principais rios brasileiros, recebendo o título de rio da integração nacional, por representar um caminho de ligação entre as regiões centro-oeste, sudeste e nordeste. O carinhosamente chamado, Velho Chico apresenta-se como principal fonte hídrica em boa parte das regiões que atravessa. No entanto, o uso e ocupação desordenadas de suas margens, o aumento da urbanização, atividades agrícolas entre outras formas de aproveitamento, resultam em diversos impactos ambientais para o rio e comprometem a qualidade de suas águas e afetam todo o ecossistema (Bulhões et al., 2018).

Os impactos ambientais decorrentes de ações antrópicas esperados para a região do baixo São Francisco vem sendo verificados através da redução da biodiversidade, o que além de ser um problema ambiental também é um problema econômico, visto que atividades como piscicultura, agricultura e pecuária praticadas ao longo do leito do rio São Francisco dependem do mesmo para se manterem e assim, empregarem boa parte da população local, afetando diretamente o ecossistema aquático (Santos et al., 2014).

De acordo com Archela et al. (2003) poluição ambiental pode ser indicada como toda e qualquer alteração das propriedades naturais, sejam elas físicas, químicas ou biológicas, que possam ocorrer no meio ambiente. É importante não confundir poluição e contaminação, pois esta representa um potencial risco à natureza, sendo prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana. Uma das principais preocupações está relacionada aos corpos naturais de água como os rios, uma vez que a água é um bem precioso e extremamente necessário a vida, e os ecossistemas aquáticos são constantemente influenciados pela intensificação da degradação ambiental provocados por atividades antrópicas (Archela et al., 2003). Esses impactos tendem a elevar a carga de efluentes industriais, domésticos e de áreas agrícolas (Barreto et al., 2014; Botelho et al., 2012; Roland et al., 2012).

Um dos principais problemas relacionados a poluição dos corpos hídricos é a eutrofização, pois esta promove mudanças como a redução da biodiversidade, alterações na composição de espécies, redução da qualidade da água, podendo ainda causar a morte de

peixes devido à redução de oxigênio, com isso há um favorecimento na ocorrência de gases não cheirosos derivados da decomposição de organismo mortos, causa ainda a proliferação de macrófitas que podem atrapalhar a navegação (Barreto et al., 2013). De acordo com Barreto (2013) a palavra eutrófico vem do grego, onde “eu” significa “bem” e trophéin “nutrir”, ou seja, o termo eutrofização ou eutroficação, significa: bem nutrido, sendo assim, a eutrofização pode ser definida como um excesso de nutrientes no meio aquático. Sendo o fósforo uma das principais causas deste problema a atenção tem se voltado para o papel do mesmo no crescimento de algas e no equilíbrio do ambiente aquático (Filho et al., 2012). Por ser um nutriente diminuído mais facilmente no meio, o controle da eutrofização está mais focado no mesmo (Cavalcante et al., 2018).

No processo de deterioramento de um corpo d'água, a ocupação agrícola representa frequentemente uma etapa intermediária, que proporciona o aumento da carga de fósforo, da concentração de algas e assoreamento em lagos e reservatórios (Dellamatrice & Monteiro, 2014; Pantano et al., 2016). Neste caso, são adicionadas elevadas quantidades de fertilizantes, constantemente superiores à capacidade de assimilação dos vegetais, visando tornar a agricultura mais intensiva e compensar o desequilíbrio do ecossistema pela retirada de sua vegetação original (Bortoli et al., 2017).

O Fósforo (P) é um elemento essencial à formação da matéria orgânica, pois forma estruturas importantes e participa das transformações energéticas em todo o sistema biológico por meio de moléculas de ATP (Oliveira, 2016). No entanto, o fósforo também atua como um fator limitante na produção primária de ecossistemas aquáticos, e que pode conduzir a eutrofização, que acarreta em modificações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, com perdas de sua produtividade e biodiversidade (Quevedo & Paganini, 2018). Apesar do Fósforo não ser reconhecido pela legislação brasileira como um poluente, vários estudos realizados indicam este potencial (Klein & Agne, 2012).

Sendo a disponibilidade de água de boa qualidade é um tema de vital importância, mas também muito desafiador para a sociedade e possui repercussão muito significativa no campo econômico e social (Souza et al., 2016). A água representa um elemento de vital importância, entretanto também pode ser um meio de transmissão para muitas doenças, por isso, as legislações buscam gerenciar e regulamentar a qualidade da água, bem como de corpos hídricos para a melhora dos mesmos. (Bortoli et al., 2017).

Segundo Bulhões et al. (2018) a qualidade da água de um corpo aquático, bem como os parâmetros regulatórios dependem expressamente para que é destinada, pois podem variar de acordo com a sua destinação, como para consumo humano, balneabilidade, irrigação, transporte e manutenção da vida aquática. Deste modo, para cada destinação existe um padrão de qualidade especificado pela legislação, considerando-se as atividades antrópicas e suas influências nos recursos hídricos bem com a potencial perda da qualidade deste recursos, o que torna indispensável o monitoramento das variáveis ambientais que indicam o estado ambiental dos mesmos, sendo essenciais para identificar a vulnerabilidade do local frente ao processo de eutrofização. Portanto, o monitoramento adequado, pode estimular ações visando a recuperação, conservação e preservação destes ambientes por meio das instituições responsáveis.

A Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 estabelece o padrão de potabilidade da qualidade da água potável, que não oferece riscos à saúde. Já a resolução nº357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) estabelece parâmetros físico-químicos de qualidades da água e “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes” (Brasil, 2005). Por apresentarem parâmetros para o enquadramento dos corpos hídricos sendo, portanto, ambas as legislações são importantes instrumentos de monitoramento da qualidade da água (Bortoli et al. 2017; Dellamatrice & Monteiro, 2014).

Devido a sua importância e aos problemas relacionados ao excesso de fósforo em ambientes aquáticos, o estudo do mesmo em tais ambientes é essencial, visto que cargas

excessivas de esgotos produzidos, muitas vezes atingem diretamente as reservas hídricas, ocasionando a aceleração no processo de eutrofização. Todavia o presente trabalho realizou-se entre o trecho da cidade Penedo-Piaçabuçu, no estado de Alagoas, visando obter dados sobre a quantidade de fósforo no rio São Francisco, onde foram coletadas várias amostras em diferentes pontos ao longo do trecho, para que posteriormente fossem analisadas em laboratório.

## Material e métodos

As amostras foram coletadas em sete estações do baixo curso do rio São Francisco: Piaçabuçu – Porto da Balsa (S 10°05'55.3", W 36°25'53.5"), Piaçabuçu – Orla (S 10°24'17.5", W 36°26'04.9"), Piaçabuçu – Penedinho (S 10°24'17.5", W 36°26'04.9"), Penedo – Praça da Roqueira (S 10°17'14.2", W 36°35'07.0"), Penedo – Próximo ao SAAE (S 10°17'17.5", W 36°35'08.2"), Penedo – Porto da Balsa (S 10°17'31.4", W 36°35'10.1"), Penedo – Prainha (S 10°17'49.9", W 36°35'01.5").

A coleta de sedimentos superficiais foi realizada com sacos plásticos (0-20 cm). Após retirou-se a umidade em temperatura ambiente para posterior análises. Em seguida em tubo graduado de 50 mL foi adicionado 0,4 g da amostra e adicionado 10 mL de HCl 1 mol L<sup>-1</sup>. Prosseguiu-se uma agitação por 3 h e 30 min em Vortex. Aguardou-se 50 min a decantação das partículas dos sedimentos e retirou-se o sobrenadante. Com 0,5 mL do sobrenadante após todo procedimento anterior, adicionou-se 0,8 mL de solução ácida de molibdato e tartarato, 10 mL de água destilada, 0,2 mL de ácido ascórbico (500 ppm). Posteriormente misturou-se e colocou-se para agitar no Vortex por 30 min, em seguida esperou-se por mais 30 min, até a formação de um complexo azul. Para a determinação do fósforo total foi empregado um espectrofotômetro UV-Vis (BEL PHOTONICS) em 760nm (TEIXEIRA et al., 2017).

Para fazer as análises físico-químicas utilizou-se uma sonda multiparamétrica Combo Water Meter 8405, no qual foram observados a temperatura, condutividade, pH e oxigênio dissolvido (OD) de cada um dos pontos onde os sedimentos foram coletados. Também anotou-se a data e a hora da coleta em cada um dos pontos.

## Resultados e discussão

Todos os parâmetros físico-químicos presentes na Tabela 1 foram comparados com os valores presentes na literatura, os parâmetros utilizados para fins de comparação foram retirados da resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), instituição que estabelece parâmetros de qualidade de água.

Tabela 1. Localização, data, hora e parâmetros físico-químicos.

Estação	Data	Hora	pH	Temperatura (°C)	OD	Condutividade
P1- Piaçabuçu	04/02	14:37	7.68	31.2	6,5mg L-1	1883 $\mu$ S cm-1
P2- Piaçabuçu	04/02	15:05	7.60	30.5	6,5mg L-1	4.51 mS cm-1
P3- Piaçabuçu	04/02	15:40	7.89	30.2	6,4mg L-1	83.6 $\mu$ S cm-1
P4- Penedo	04/02	16:40	7.71	29.7	6,2mg L-1	97.2 $\mu$ S cm-1
P5- Penedo	04/02	17:05	7.65	29.7	6,1mg L-1	100 $\mu$ S cm-1
P6- Penedo	04/02	17:30	7.15	29.6	3,4mg L-1	108.1 $\mu$ S cm-1
P7- Penedo	04/02	17:40	7.40	29.7	4,7mg L-1	87.5 $\mu$ S cm-1

Dos valores coletados, apenas os valores de OD (Oxigênio Dissolvido) dos pontos 6 e 7 apresentaram divergências em relação aos valores de referência presentes na literatura. Os pontos 6 e 7, ambos localizados na cidade de Penedo, apresentaram os valores de 3,4mg L-1 e 4,7 mg L-1, respectivamente, apresentando assim valores muito abaixo dos estabelecidos na resolução CONAMA, onde estabelece-se que os valores para este parâmetro devem ser  $\geq 6$ mg/L para a classe especial e classe I, e de  $\geq 4$ mg/L para a classe III.

Vale lembrar que o OD, refere-se à quantidade de oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) dissolvido na água, alguns fatores como temperatura, salinidade, pressão atmosférica e atividade biológicas, e de maneira indireta de interferências antrópicas, como o lançamento de efluentes nos cursos d'água. Sua unidade padrão é mg L-1 (Assis et al., 2017).

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um excelente parâmetro de qualidade da água, valores baixos indicam um excesso de matéria orgânica, este parâmetro está associado a outros como: pH, condutividade e cor (Bortoli et al., 2017). Pois, sendo o oxigênio um elemento indispensável para os seres vivos, especialmente para os peixes, onde diversas espécies não conseguem resistir em oxigênio dissolvido (OD) na água, com valores inferiores a 4,0 mg L-1. Considerando que um dos pontos de coleta, o ponto 6, obteve um valor inferior a este, de 3,4 mg L-1. Além disso, vale ressaltar que apesar dos outros pontos estarem dentro dos limites estabelecidos pela resolução todos eles ficaram próximos dos limites estabelecidos, com uma variação entre 6,1mg L-1 e 6,5mg L-1, o que deve ser levado em consideração e medidas devem ser tomadas para que esses valores não venham a reduzir ainda mais.

Vale salientar, que os valores para o oxigênio dissolvido (OD) pode variar de acordo com algumas condições do ambiente, no entanto tal valor deve ser levado em consideração, especialmente porque próximo ao ponto de coleta 6, há um ponto de despejo de efluentes que voltam para o corpo hídrico sem um tratamento adequado, além disso no local observou-se ainda a presença de várias macrófitas, tais fatores podem afetar a quantidade de oxigênio dissolvido na água.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) representa a concentração de íons de hidrogênio na solução. O valor do pH influencia na distribuição ionizada de diversos compostos, influenciando assim o grau de solubilidade das substâncias. As alterações de pH podem ocorrer de forma natural ou antropogênica. A faixa ideal para a manutenção da vida aquática situa-se na faixa de 6 à 9 (Baggio et al., 2016). Os valores obtidos encontram-se dentro compreendidos entre 7 e 8, estando em conformidade com os valores de referência fornecidos pela literatura e indicando uma leve alcalinidade. Além disso, o ponto que apresentou o menor valor de pH foi o ponto 6 com o valor de 7,15.

Vale ressaltar que o pH é uma das variáveis ambientais mais importantes e complexas de serem analisadas devido os inúmeros fatores que podem influenciar tal parâmetro (Gasparotto, 2011).

A Condutividade elétrica mede a capacidade de uma solução aquosa de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons. Essa propriedade pode sofrer alterações de acordo com a temperatura e a concentração total das substâncias dissolvidas na água (Baggio et al., 2016).

Segundo Gasparotto (2011) para a condutividade elétrica fica estabelecido que, para ambientes muito afetados, valores que podem variar de 100 para 10.000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , sendo assim os valores coletados se encontram dentro dos padrões. Vale destacar que a condutividade elétrica depende expressamente da temperatura, portanto a mesma deve ser levada em consideração juntamente com os valores obtidos.

Já Assis et al. (2017) afirmam que a resolução CONAMA não fornece um valor de referência para a temperatura da água, no entanto variações da mesma alteram a velocidade das reações físicas, químicas e biológicas, alteram a taxa de transferência dos gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da libertação de gases com odores desagradáveis) e diminuem a taxa de solubilidade dos gases, tais como o oxigênio dissolvido (Sperling, 2005).

Apesar das divergências presentes na literatura, a resolução CONAMA da legislação brasileira não estabelece um limite superior deste parâmetro. Entretanto, deve-se leva em consideração mudanças oscilações na condutividade, pois ainda que não causem um dano imediato ao ser humano podem indicar contaminações no meio aquático.

A legislação não fornece um valor de referência para a temperatura da água, no entanto variações da mesma alteram a velocidade das reações físicas, químicas e biológicas, alteram a taxa de transferência dos gases (o que pode gerar mau cheiro, no caso da libertação de gases com odores desagradáveis) e diminuem a taxa de solubilidade dos gases, tais como o oxigênio dissolvido (Souza et al., 2016).

Ressalta-se ainda que entre os objetivos propostos, um deles infelizmente não pode ser concretizado, devido a suspensão das aulas em decorrência da pandemia de coronavírus que se espalhou pelo mundo. Por este motivo, o sedimento coletado não foi submetido aos processos de extração do analito de interesse e da análise do mesmo.

## Conclusões

A pesquisa realizada mostra que os dados obtidos para os parâmetros físico-químicos coletados na localidades Penedo- Porto da Balsa e Penedo-Prainha apresentam um valor de oxigênio dissolvido (OD) abaixo do valor mínimo estabelecido na resolução CONAMA nº 357/2005, o que pode causar alterações no ecossistema aquático, especialmente em sua biodiversidade. Vale ressaltar que em ambos os pontos é observado a presença de macrófitas em grande quantidade.

## Agradecimentos

Agradeço também a Profa. Maria Lilian Freitas por todo o auxílio, principalmente no dia da coleta dos sedimentos e análise das medidas físico-químicas.

## Referências bibliográficas

ABREU, C. H. M.; CUNHA, A. C. Qualidade da água em ecossistemas aquáticos tropicais sob impactos ambientais no baixo Rio Jari-AP. **Biota Amazônia**, n. 2, v. 5, p. 119-131, 2015. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p119-131>.

ALMEIDA, J. D. M.; SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Dinâmica e caracterização fluvial da bacia do Riacho Grande: abordagem da conectividade da paisagem. **Geo UERJ**, n. 28, p. 308-331, 2016. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2016.15456>.

ARCHELA, E.; CARRARO, A.; FERNANDES, F.; BARROS, O. N. F.; ARCHELA, R. S. Considerações sobre a geração de efluentes líquidos em centros urbanos. **Geografia**, v. 12, n. 1, p. 517-525, 2003. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2003v12n1p517>.

ASSIS, D. M. S.; LIMA, A. B.; SILVA, E. R. M.; SILVA, A. S.; BARBOSA, I. C.C. Avaliação dos Parâmetros Físico-Químicos da Água de abastecimento em diferentes bairros do município de Salvaterra (Arquipélago do Marajó, PA). **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, p. 1825-1839, 2017. ISSN 1984-6835.

BAGGIO, H.; FREITAS, M. O.; ARAÚJO, A. D. Análise dos parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, potencial hidrogeniônico e temperatura no baixo curso do Rio Das Velhas-MG. **Caminhos de geografia**, v. 17, n.60, p. 105-117. 2016. ISSN: 1678-6343.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão modelagem qualidade de água em uma seção de rio. **Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1278>.

BARRETO, L. V.; BARROS, F. M.; BONOMO, P.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S. Eutrofização em rios brasileiros. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.16, p. 2165-2179, 2013.

BORTOLI, J.; REMPEL, C.; MACIEL, M. J.; SALVE, L. C. Qualidade físico-química da água em propriedades rurais com produção de leite no vale do Taquaris-RS. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 39, p. 81-102. 2017. ISSN: 2176-5774.

BOTELHO, R. G.; FROES, C. M.; SANTOS, J. B. Toxicity of herbicides on *Escherichia coli* growth. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 1, p. 141-146. 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000100016>.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 357/2005, 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. **Publicação DOU**, Brasília, n. 53, p. 58-63, 2005.

BULHÕES, L. E. L.; SANTOS, J. P. O.; CARTAXO, P. H. A.; ESPINOSA, D. J. L.; SANTOS, A. S. Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco na área urbana de um município no sertão alagoano. **CONCTECC**, 2018.



CAVALCANTE, H.; ARAÚJO, F.; BECKER, V. Dinâmica do fósforo na água de reservatórios tropicais semiáridos em um período de seca prolongada. **Acta Limnol. Bras**, v.30, 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/s2179-975x1617>.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R. Principais aspectos da poluição dos rios brasileiros por pesticidas. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, v.18, n.12, p.1296–1301, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n12p1296-1301>.

FILHO, P. F. J.; MOURA, M. C. S.; MARTINS, R. V. Fracionamento geoquímico do fósforo em água e sedimentos do Rio Corrente, Bacia hidrográfica do Parnaíba-PI. **Revista Virtual de Química**, v. 4, n. 6. 2012. Parnaíba-PI. ISSN: 1984-6835.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação Ecotoxicológica e Microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

KLEIN, C.; AGNE, S. A. A. Fósforo: De Nutriente à Poluente. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.8, n.8, pp. 1713-1721, 2012. <http://dx.doi.org/10.5902/223611706430>.

PANTANO, G.; GROSSELI, G. M.; FADINI, P. S. Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar. **Química Nova**, v. 39, n. 6., 2016. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160086>.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. A disponibilização de fósforo nas águas pelo uso de detergentes em pó: aspectos ambientais e de Saúde Pública. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v.23, n.11, pp.3891-3902, 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-812320182311.27062016>.

ROLAND, F.; HUSZAR, V. L. M.; FARJALLA, V. F.; ENRICH-PRAST, A.; AMADO, A. M.; OMETTO, J. P. H. B. Climate change in Brasil: perspective on the biogeochemistry of inland waters. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 709-722, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000400009>.

SANTOS, E. C.; **Determinação da qualidade da água através da determinação de fósforo disponível em sedimentos superficiais do rio São Francisco localidades de**

**Penedo-Piaçabuçu por espectrofotometria UV-VIS.** 2019. 6 f. Projeto de pesquisa – Instituto Federal de Alagoas, Penedo, 2019.

SOUZA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L.; ROCHA, J. A. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1615-1625, 2016. <https://doi.org/10.5902/2179460X23341>.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos.** 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. I, 2005.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Fósforo disponível. In: **Manual de Métodos de Análise de Solo.** Brasília: EMBRAPA, 2017, cap. 2.