


## Variação temporal e sazonal do estado trófico do rio Maracaípe, litoral sul do estado de Pernambuco

João Carlos Morais de Araújo Júnior <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. (\*Autor correspondente: [jcmorais.araujo@gmail.com](mailto:jcmorais.araujo@gmail.com))

*Histórico do Artigo:* Submetido em: 28/07/2020 – Revisado em: 31/08/2020 – Aceito em: 01/12/2020

### RESUMO

A influência de fatores naturais e principalmente antrópicos ocasionam modificações no ambiente aquático. Dentre os impactos observados o mais comum é a elevação da concentração de nutrientes na coluna d'água e consequentemente a aceleração do processo de eutrofização dos corpos hídricos. Nesse contexto, o rio Maracaípe é frequentemente impactado pela liberação de efluentes domésticos e agroindustriais em sua proximidade. Desse modo, o presente estudo teve como objetivo a análise sazonal e temporal do estado trófico deste corpo hídrico. Foram utilizados os dados do parâmetro fósforo total e clorofila-*a* obtidos pelo programa de monitoramento da qualidade da água nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), compreendendo os períodos de 2006 a 2018. Os resultados indicam que, na maioria dos anos monitorados, o estado trófico das águas do rio Maracaípe possuem características mesotróficas. Contudo, altas concentrações de nutrientes foram encontradas para os anos de 2010, 2011, 2014 e 2017 indicando variação entre os estados eutrófico a hipereutrófico. Foi observado também que a variação sazonal influencia significativamente o comportamento do fósforo total, clorofila-*a* e o índice do estado trófico, sendo encontrados as maiores concentrações para o período chuvoso. Este comportamento sugere a intensidade das atividades antrópicas ao longo do rio e o aumento do escoamento superficial da água para o corpo hídrico.

**Palavras-Chaves:** Eutrofização, Índice do estado trófico, Recurso hídrico, Variação sazonal.

### Temporal and seasonal variation of the trophic state of the Maracaípe River, south coast of the state of Pernambuco (Brazil)

### ABSTRACT

The influence of natural and mainly anthropic factors causes changes in the aquatic environment. Among the impacts observed, the most common is the increase in the concentration of nutrients in the water column and, consequently, the acceleration of the eutrophication process of water bodies. In this context, the Maracaípe River is frequently impacted by the release of domestic and agro-industrial effluents in its proximity. Thus, the present study aimed at the seasonal and temporal analysis of the trophic state of this water body. The data for the parameter total phosphorus and chlorophyll-*a* obtained in the water quality monitoring program in the hydrographic basins of the state of Pernambuco of the State Environment Agency (CPRH), covering the periods from 2006 to 2018, was used. The results indicate that, in most years monitored, the trophic state of the waters of the Maracaípe River have mesotrophic characteristics. However, high concentrations of nutrients were found for the years 2010, 2011, 2014, and 2017 indicating variation between the eutrophic to the hypereutrophic states. It was also observed that the seasonal variation significantly influences the behavior of total phosphorus, chlorophyll-*a*, and the trophic status index, with the highest concentrations found for the rainy season. This behavior suggests the intensity of human activities along the river and the increase in surface runoff from the water to the water body.

**Keywords:** Eutrophication, Trophic status index, Water resource, Seasonal variation.

Araújo Júnior, J.C.M. (2021). Variação temporal e sazonal do estado trófico do rio Maracaípe, litoral sul do estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.9, n.1, p.51-64.



## 1. Introdução

Os corpos hídricos nas proximidades dos centros urbanos estão sob a influência das atividades antrópicas e desta forma possuem a qualidade de suas águas prejudicadas (Horbe et al., 2005).

A água é um recurso natural renovável, entretanto o adensamento populacional e atividades econômicas exercidas frequentemente degradam o corpo hídrico. A poluição ocasionada em rios é principalmente originada pelo lançamento inadequado de efluentes domésticos e agroindustriais, além da ocupação desordenada encontrada nas margens dos rios e a degradação da mata ciliar (Beghelli, 2015).

O entendimento dos processos que ocorrem no ecossistema é primordial para realizar atividades que visem a preservação do meio ambiente quando alterações são encontradas. Desta forma, isto é apenas possível quando se possui informações obtidas a partir das observações encontradas no monitoramento ambiental (Braga, Porto e Tucci, 2006). O monitoramento dos recursos hídricos contribui na percepção dos efeitos impactantes das atividades antrópicas nesses ambientes e fornecem ferramentas para à sua devida gestão, preservação e recuperação (Araújo Júnior, 2020; Beghelli, 2015).

A deterioração da qualidade da água é resultante, na maior parte, por processos antrópicos, uma vez que, inserem no meio hídrico determinadas substâncias que nunca estiveram presentes ou existiam em concentrações mínimas (Botelho et al., 2013). Contudo, fatores naturais podem impactar o meio ambiente, porém em menor escala, como o processo de eutrofização (Alves et al., 2012).

A eutrofização é um processo natural e gradual presente nos corpos hídricos. Este processo é associado a presença de nutrientes, como o fósforo e nitrogênio, na coluna d'água. Entretanto, as atividades antrópicas próximas das bacias hidrográficas aceleram significativamente este processo. Particularmente as atividades agroindustriais e o lançamento de águas residuais, sem o devido tratamento, adicionam elevada quantidade de matéria orgânica e nutrientes nos corpos hídricos (Lungdberg, 2013). As modificações ocasionadas no meio ambiente alteram as características da superfície do solo e isto causa variação no volume do escoamento superficial, alterações na temperatura da água, aumento do crescimento de algas e diminuição da concentração de oxigênio dissolvido nos cursos de água (Ding et al., 2015).

O monitoramento da qualidade da água abrange diversos parâmetros e o desenvolvimento de índices de qualidade contribuem com o melhor entendimento das informações obtidas, tornando-as mais acessíveis pelos participantes do gerenciamento do recurso hídrico e pela população que utiliza a água para diversos fins (Lopes et al., 2019).

Dentre os índices utilizados para avaliação da qualidade ambiental do corpo hídrico, pode-se mencionar o índice do estado trófico (IET). O IET é uma ferramenta matemática que auxilia na classificação do grau de trofia de um corpo hídrico, analisando a qualidade da água em relação aos nutrientes e sua associação com o crescimento de algas e macrófitas aquáticas capazes de ocasionar a eutrofização do meio aquático (CETESB, 2015; Maia, 2015). O estado trófico dos corpos hídricos pode ser avaliado através de alguns índices específicos, como: o IET desenvolvido por Carlson (1997) para ambientes lênticos presentes em climas temperados, posteriormente modificado por Toledo Junior et al.(1983) para adequar aos ambientes subtropicais e a modificação do índice do estado trófico mais recente e utilizado neste estudo, o IET para corpos d'água lóticos localizados em regiões tropicais através da verificação do parâmetro fósforo total e clorofila-*a* por Lamparelli (2004).

A região do rio Maracaípe é uma Unidade de Conservação (UC) com características de uso sustentável e possui grande investimento para a atividade turística. Todavia, o crescimento e a intensidade desta atividade apresentam contradições do que, de fato, seria uma Área de Proteção Ambiental e às normas que regem a mesma. Esta região vem sendo fortemente impactada nos últimos 10 anos pelo desmatamento da vegetação de mangue associado à expansão urbana, incentivado pelo desenvolvimento imobiliário e turístico local, além dos usos e ocupações da terra em locais impróprios e protegidos legalmente (Vila Nova; Torres, 2012). Observa-

se que em determinados locais do rio existe a presença do lançamento de efluentes domésticos e agroindústrias despejados sem o devido tratamento (CPRH, 2018).

Estudos sobre a aplicação do índice de estado trófico em bacias hidrográficas, até então, são recentes e há poucas pesquisas nas regiões do Brasil (Sousa et al., 2018). Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo a avaliação temporal e sazonal da qualidade da água do rio Maracaípe através do uso do índice do estado trófico.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no estuário do rio Maracaípe, município de Ipojuca, na região sul da faixa costeira do estado de Pernambuco com área de 502 km<sup>2</sup>. Limita-se geograficamente a norte com o município de Cabo de Santo Agostinho, a sul com o município de Sirinhaém, a oeste como o município de Escada e a Leste pelo Oceano Atlântico (Santos; Mariano, 2017; Vila Nova; Torres, 2012) (Figura 1).

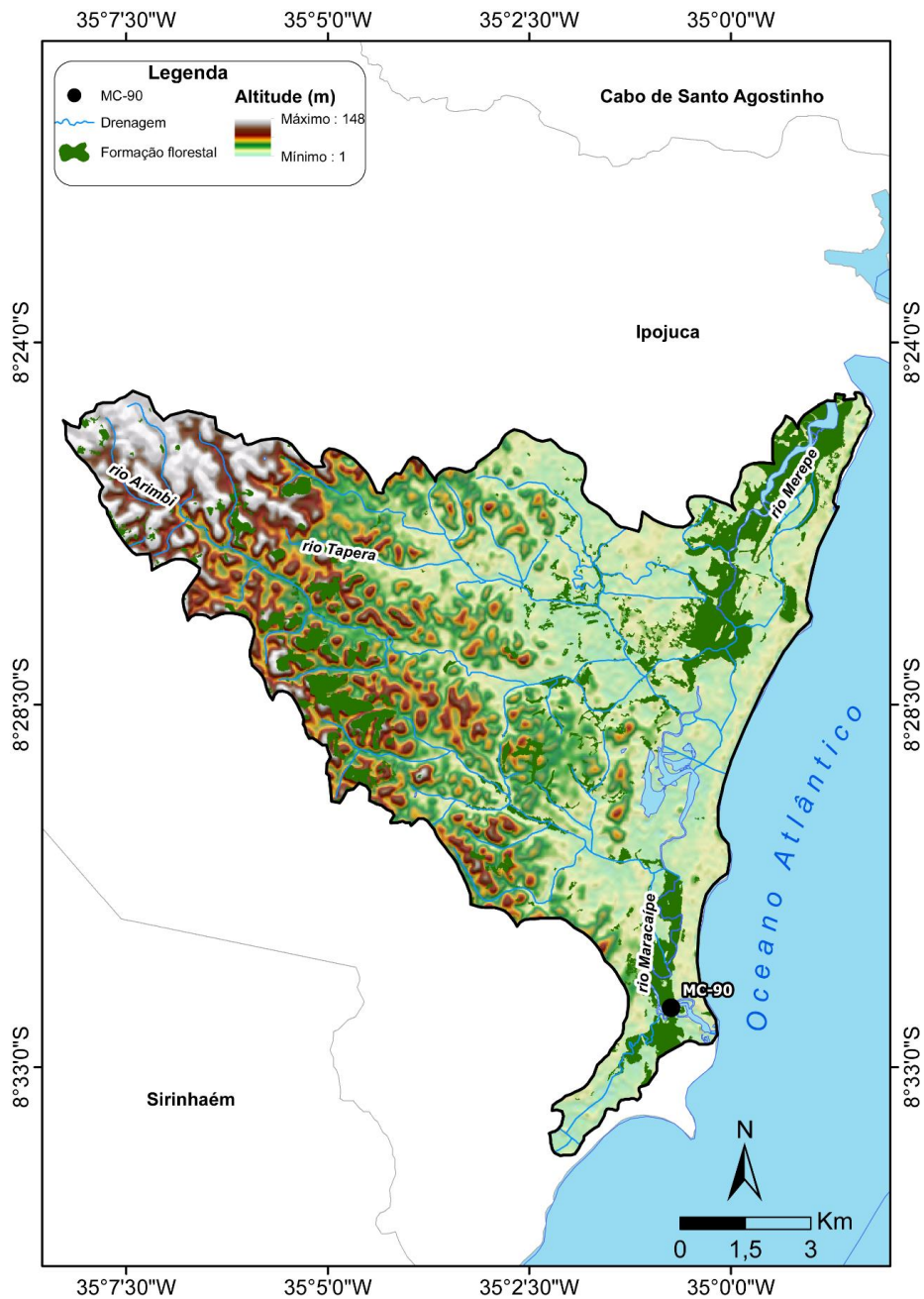
O rio Maracaípe em conjunto com os rios Merepe, Tapera, Arimbi e o riacho Canoas são os principais constituintes da bacia hidrográfica do grupo de pequenos rios litorâneos (GL 3) (CPRH, 2018).

O relevo da região é constituído pelas Planícies Marinhas e Flúvio-Marinhas, sendo caracterizado com baixas declividades encontradas na parte inferior da encosta de morros e colinas, nos topos semi-planos e em superfícies ligeiramente inclinadas que interligam esses relevos com os terraços aluviais ou marinhos. São característicos de estruturas cristalinas ou sedimentares da Planície Costeira (CPRH, 2003).

A vegetação da região do rio Maracaípe é constituída pela Mata Atlântica, distribuída de forma dispersa pelo litoral sul, e por depósitos de mangue que ocorrem em locais com influência da ação de marés e são formados principalmente por *Rhizophora mangle* e em menor quantidade por *Avicennia schaueriana* (Silveira, 2005; CPRH, 2003).

O clima da região é classificado como tropical chuvoso (As') com temperatura do ar maior que 18 °C e índice pluviométrico superior a 2.000 mm. O clima da região é bem definido pelas estações secas, entre os meses de outubro a março com temperatura média anual de 25,5 °C. A estação chuvosa ocorre entre os meses de abril a setembro com temperatura média de 23 °C (Macêdo et al., 2012; Almeida Júnior et al., 2009).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 2.2 Aquisição de dados

Os dados referentes à qualidade da água no rio Maracaípe foram adquiridos por meio dos relatórios de monitoramento de bacias hidrográficas no estado de Pernambuco. O monitoramento da água no rio Maracaípe

foi realizado com frequência trimestral, semestral ou anual, através da Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) e as análises seguem a metodologia proposta pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23<sup>th</sup> ed. (CPRH, 2018; APHA, 2017).

O local de monitoramento é distribuído estrategicamente ao longo do rio, considerando os seguintes fatores: (i) zonas homogêneas da água; (ii) fontes potencialmente poluidoras, referentes ao lançamento de efluentes nos cursos d'água e (iii) corpos d'águas afluentes a reservatórios (Souza, 2009).

Neste estudo foram analisados os seguintes parâmetros: fósforo total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ) e clorofila-*a* ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ ). O monitoramento da qualidade da água foi realizado em uma estação (MC-90) ao longo do rio Maracaípe, no período de 2006 a 2018, no entanto, este estudo não aborda os anos de 2009 e 2015, fato justificado pela ausência desses relatórios pela CPRH.

A tabela 1 apresenta a descrição do local de monitoramento utilizado neste estudo.

Tabela 1 - Estações de monitoramento na bacia hidrográfica do rio Maracaípe.

Estação de monitoramento	Corpo d'água	Local	Coordenadas	
			Latitude (S)	Longitude (O)
MC-90	Rio Maracaípe	Região estuarina do rio Maracaípe	9055672	278495

Fonte: CPRH (2018)

### 2.3 Índice de Estado Trófico (IET)

A utilização do IET para fósforo total e clorofila-*a* são adaptadas para ambientes lóticos tropicais realizados por Lamparelli (2004) e utilizado pela CETESB (2009). A determinação do Índice de Estado Trófico (IET) do rio Maracaípe está de acordo com as equações 1 e 2.

$$\text{IET (PT)} = 10 * \left( 6 - \frac{(0,42 - 0,36 * \ln(\text{PT}))}{\ln(2)} \right) - 20 \quad (1)$$

$$\text{IET (CL)} = 10 * \left( 6 - \frac{(-0,7 - 0,6 * \ln(\text{CL}))}{\ln(2)} \right) - 20 \quad (2)$$

Onde:

PT: concentração de fósforo total em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

CL: concentração de clorofila-*a* em  $\mu\text{g.L}^{-1}$ ;

Ln: logaritmo natural.

O IET final (PT+CL) foi obtido através da média aritmética simples dos índices referentes ao fósforo total e clorofila-*a*.

O quadro 1 apresenta as classes de trofia e o seu significado ambiental.

Quadro 1 – Classificação para o estado trófico

Estado Trófico	IET	Características
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	Corpos d'água limpos, produtividade muito baixa e concentrações mínimas de nutrientes que não ocasiona prejuízo ao uso da água.
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	Corpos d'água limpos, com baixa produtividade, sem interferências indesejáveis sobre os usos da água, resultante da presença de nutrientes.
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, porém geralmente com níveis aceitáveis.
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	Corpos d'água com produtividade alta em relação às condições naturais, com diminuição da transparência, em geral, afetado por atividades antrópicas. Modificações indesejáveis na qualidade da água resultante da elevação do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus usos múltiplos.
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	Corpos d'água com elevada produtividade em relação às condições naturais, baixa transparência, em geral, ocasionado por atividades antrópicas, com alterações indesejáveis frequentes na qualidade da água e episódios de floração de algas.
Hipereutrófico	$IET > 67$	Corpos d'água significativamente afetados por elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com seu uso comprometido, episódios de florações de algas e mortalidade de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

**Fonte:** Cetesb (2009).

#### 2.4 Análise estatística e tratamento dos dados

A análise estatística descritiva foi aplicada aos resultados da estação chuvosa e seca da região do rio Maracaípe, onde foram obtidos os seguintes valores: mínimo, máximo, média, mediana e desvio padrão referentes aos parâmetros utilizados nesta pesquisa.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov*, com nível de significância de 5%. Considerando que os dados possuem distribuição normal, foi aplicado o teste t de *Student* para verificar as diferenças entre as médias da estação chuvosa e seca com nível de significância de 10% e 5%, sendo que evidências em 5% são mais fortes que as de 10%, entretanto, em ambos os casos serão resultados significativos.

Posteriormente foram elaborados os gráficos de barras referentes às estações chuvosa e seca para cada parâmetro no *software R*.

### 3. Resultados e Discussão

Os valores de concentração do fósforo total, clorofila-*a* e os índices de estado trófico para a estação de coleta do rio Maracaípe são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resumo estatístico dos parâmetros obtidos no rio Maracaípe.

Parâmetros	Estação Chuvosa					Estação Seca				
	Min	Max	Média	Mediana	D.P.	Min	Max	Média	Mediana	D.P.
Fósforo Total ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	20	190	77	60	59	10	160	72	50	58
Clorofila- <i>a</i> ( $\mu\text{g.L}^{-1}$ )	0,75	24,9	7,65	4,7	7,69	0,96	4,39	2,4	1,98	1,42
IET (PT)	51	63	56,7	56,5	3,6	48	62	54,63	55	3,63
IET (CL)	45	75	58	59	8	47	60	52,9	52,9	5,6
IET (PT+CL)	50	75	57,7	57,5	6,3	48	59	53,45	53	4,15

Min.: mínimo; Max.: máximo; D.P.: Desvio Padrão.

Fonte: Elaborado pelo autor com os dados referentes a fósforo total e clorofila-*a* fornecidos pela CPRH.

### 3.1 Fósforo Total (PT)

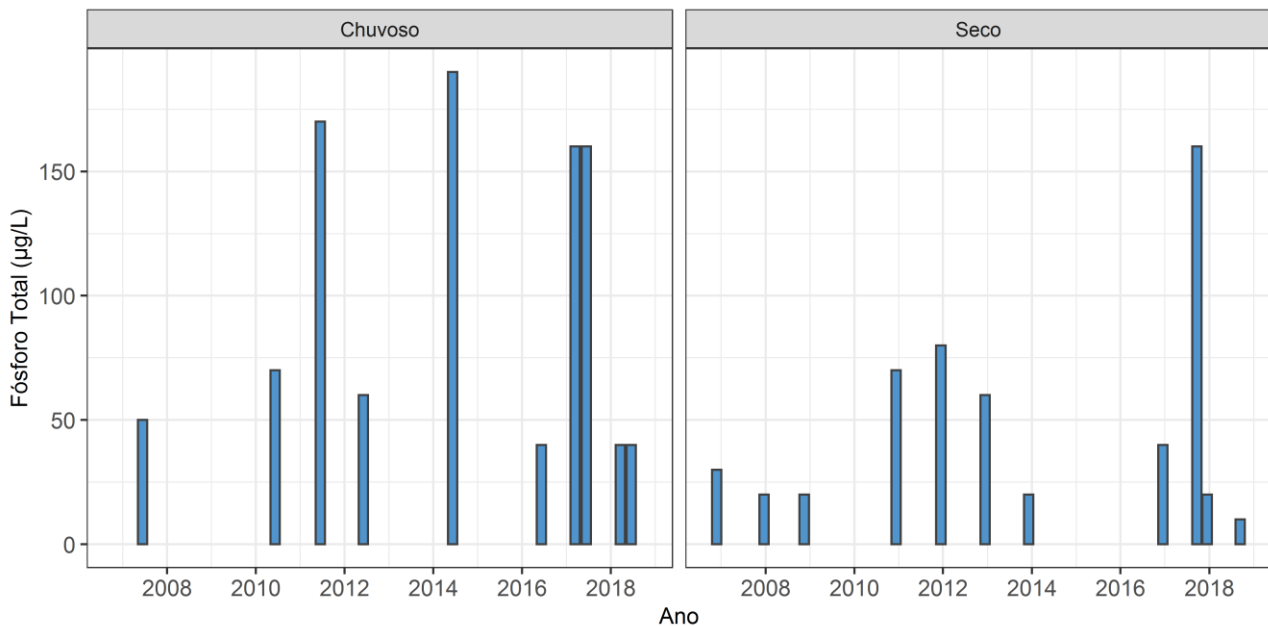
O fósforo pode ser encontrado no ambiente aquático nas seguintes formas: (i) orgânica, através da matéria orgânica dissolvida (solúvel) ou através da biomassa de microrganismos (particulado); (ii) inorgânico, por meio dos sais de fósforo (solúvel) ou compostos minerais (particulado) (Esteves, 1998; Wetzel, 1993).

A forma inorgânica solúvel é a fração mais significativa do fósforo, sendo associado ao crescimento de algas e macrófitas. A presença de fósforo na água é associada a fatores geogênicos (intemperismo de rochas e minerais, carreamento do solo e decomposição da matéria orgânica) ou antrópicos (lançamento de esgotos, detergentes e fertilizantes) (Brasil, 2006).

As concentrações de fósforo total no rio Maracaípe variaram de  $10 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $160 \mu\text{g.L}^{-1}$  para a estação seca, enquanto para a estação chuvosa os valores estão entre  $20 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $190 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Através da análise temporal deste parâmetro observa-se o comportamento diversificado nos períodos analisados. O teste de *Student* indicou que a sazonalidade influencia significativamente a concentração do fósforo ( $t(10)=1,82$ ;  $p = 0,098$ ). Dessa maneira, as maiores concentrações de fósforo total foram obtidas na estação chuvosa para o ano de 2014 (Figura 2).

As concentrações elevadas de fósforo total para corpos hídricos possuem forte relação com atividades antrópicas, através do lançamento de esgoto doméstico, efluentes industriais e resíduos de fertilizantes contribuem com o aumento da concentração de nutrientes na coluna d'água e consequentemente aceleram o processo de eutrofização (Soares, Cruz e Silva, 2019; CPRH, 2018). A contribuição do aumento pluviométrico durante a estação chuvosa tende a aumentar o nível de sedimentos em suspensão e resulta na elevação da concentração de fósforo ao decorrer do escoamento superficial da água para o corpo hídrico (Jarvie, Neal e Withers, 2005; Quinton, Catt e Hess, 2005).

Figura 2 - Variação temporal das concentrações de fósforo total.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.2 Clorofila-a (CL)

A clorofila-a é considerada um dos pigmentos responsáveis pelo processo fotossintético e o principal parâmetro indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos. Possui cerca de 1% a 2% do peso do material orgânico em todas as algas planctônicas, motivo pelo qual é frequentemente utilizada como indicador da biomassa algal, caracterização de ambientes e monitoramento da qualidade da água (Kuroda et al., 2010; CETESB, 2009).

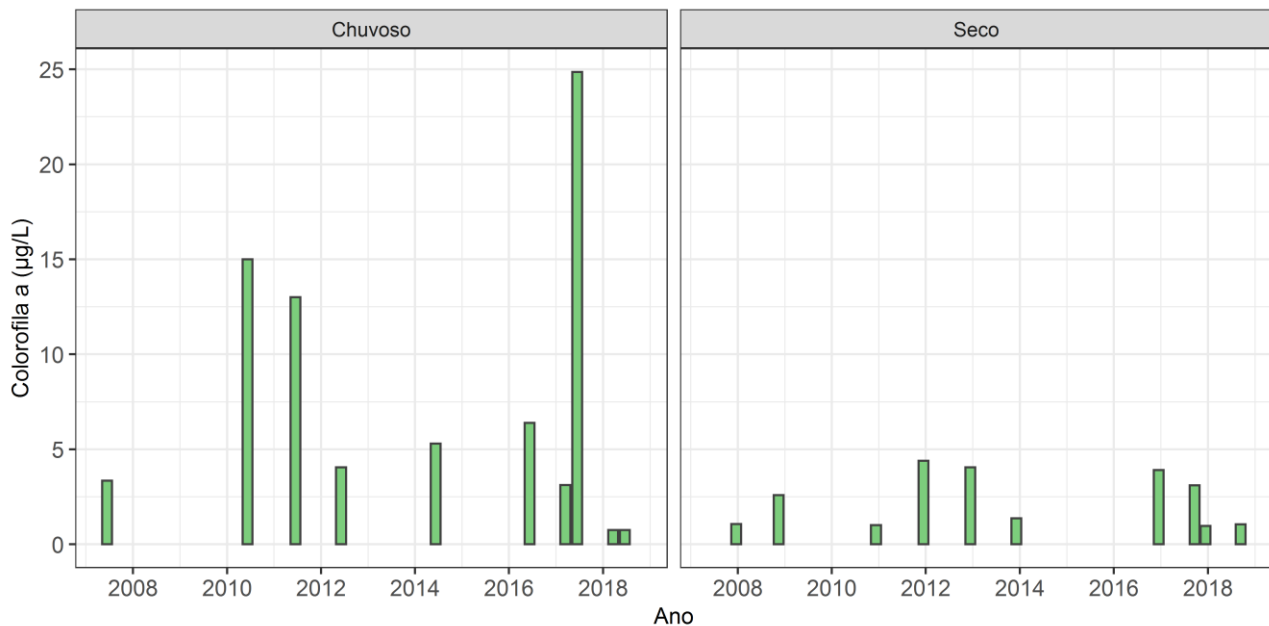
A concentração de clorofila-a para o período chuvoso apresentou maiores valores, em relação à estação seca. O teste de *Student* mostrou que essa diferença é estatisticamente significativa ( $t(10)=2,20$ ;  $p = 0,051$ ).

A distribuição da concentração de clorofila-a mostra-se diversificado nos anos avaliados, contudo percebe-se que na época chuvosa foram encontrados, na maioria dos anos, concentrações maiores quando comparada com a estação seca. Os valores obtidos de clorofila-a variaram para a época seca de  $0,96 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $4,39 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Em relação à época chuvosa, os valores estão entre  $0,75 \mu\text{g.L}^{-1}$  a  $24,9 \mu\text{g.L}^{-1}$  (Figura 3).

O aumento da concentração de clorofila-a é associado não apenas as modificações da composição e fisiologia das espécies do fitoplâncton presentes nesses ambientes, contudo provavelmente pelo acréscimo da biomassa de cianobactérias que refletem as condições ambientais ao longo do tempo (Maia et al., 2015).

Os resultados referentes à clorofila-a são classificados como uma medida de resposta do corpo hídrico ao agente causador e indica o nível de crescimento de algas no local. Em corpos hídricos com maior velocidade das águas, características de ambientes lóticos, normalmente encontram-se menores concentrações de clorofila-a e maiores concentrações de fósforo total quando se compara a ambientes lênticos (Costa, 2018; Lamparelli, 2004).



Figura 3 - Variação temporal das concentrações de clorofila-*a*.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.3 Índice de Estado Trófico (IET)

O processo de eutrofização estabelecido em corpos hídricos e o estado trófico definido pela clorofila-*a* tende a coincidir com o estado trófico obtido pelo índice do fósforo total. Contudo, em corpos hídricos com elevada influência dos fatores ambientais (temperatura da água ou baixa transparência), o índice de clorofila-*a* irá refletir um nível trófico inferior quando comparado com o índice do fósforo total (Maia, Carvalho e Carvalho, 2015; Lamparelli, 2004).

As maiores concentrações de IET foram encontradas para a estação chuvosa, quando comparada com a estação seca. O teste de *Student* apresentou que este parâmetro é significativamente influenciado pela sazonalidade ( $t(10)=2,38$ ;  $p = 0,038$ ).

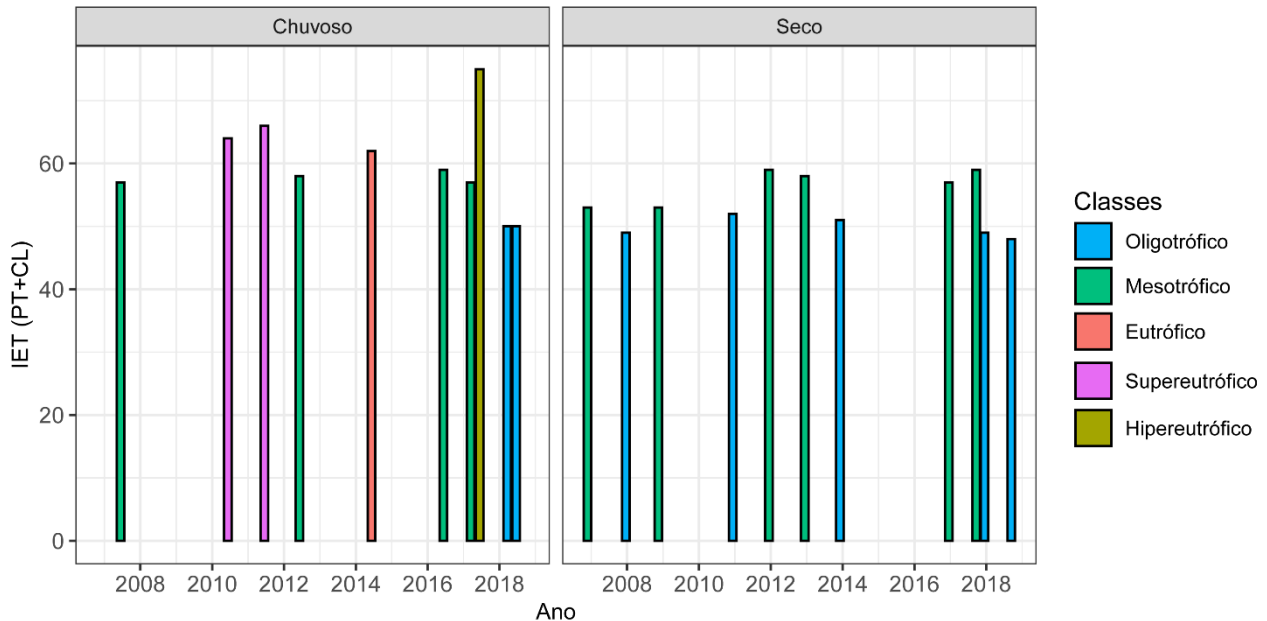
O comportamento do IET mostra-se diversificado nos anos avaliados, entretanto observa-se que na época chuvosa foram encontrados, na maioria dos anos, graus de trofia maiores quando comparada com a estação seca. Os valores obtidos de IET variaram para a época seca de 48 a 59. Em relação à época chuvosa, os valores estão entre 50 a 75 (Figura 4).

O rio Maracaípe possui a qualidade de suas águas variando os estados de trofia de oligotrófico a hipereutrófico, porém na maioria dos anos analisados percebe-se que o rio apresenta principalmente comportamento mesotrófico. O rio Maracaípe apresenta elevada concentração de nutrientes em suas águas em determinados períodos, alcançando as classes de trofia supereutrófico (2010 e 2011), eutrófico (2014) e hipereutrófico (2017) (Figura 4).

Frequentemente em períodos de alta pluviosidade o índice trófico tende a diminuir, sendo associado ao aumento da taxa de precipitação, redução da intensidade de iluminação e aumento da coluna d'água em corpos hídricos (Souza et al., 2018). Contudo, neste estudo foi observado o aumento dos níveis do índice do estado trófico para a estação chuvosa. Este comportamento indica alta atividade antrópica na região (lançamento de esgoto, retirada da cobertura vegetal pelas atividades agrícolas) e por agentes naturais devido às áreas de

captação de água das bacias hidrográficas entre as fases do ciclo hidrológico que compreende na precipitação, infiltração e o escoamento superficial da água (Aguiar et al., 2014).

Figura 4 - Variação temporal do índice do estado trófico para o rio Maracaípe.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O índice do estado trófico é caracterizado como dinâmico, isto é, os corpos d'água demonstram variações das classificações tróficas ao longo do tempo e isto reflete no processo de eutrofização em que o corpo hídrico está submetido (Lamparelli, 2004).

A eutrofização em corpos hídricos é um processo gradual, devido o contínuo aumento de nutrientes. Os corpos hídricos eutrofizados frequentemente apresentam alterações na qualidade de suas águas. As modificações frequentemente encontradas são: no sabor, odor, elevação da turbidez e cor da água, diminuição do oxigênio dissolvido da coluna d'água, crescimento excessivo de plantas aquáticas, mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, floração de algas tóxicas e o comprometimento do uso da água (Smith; Schindler, 2009; Angelini, Bini e Starling, 2008).

O rio Maracaípe apresenta variações sazonais e temporais no estado trófico de suas águas. Para a estação chuvosa o rio possui valores médios de IET com  $57,8 \pm 6,3$ , enquanto para a estação seca apresenta valores de IET com  $54 \pm 4,1$ . Observa-se, de forma geral, que o rio possui características de ambientes mesotróficos com produtividade intermediária, porém com possíveis consequências sobre a qualidade de suas águas.

#### 4. Conclusão

A aplicação do índice do estado trófico revelou que a qualidade da água do rio Maracaípe possui características de ambientes mesotróficos. Contudo, foram encontrados níveis elevados de trofia para os anos 2010, 2011, 2014 e 2017, afetados pelo aumento das concentrações de nutrientes, referentes ao período chuvoso.

Foi possível verificar que a sazonalidade possui influência significativa no comportamento dos parâmetros fósforo total, clorofila-*a* e para o índice do estado trófico, sendo encontradas as maiores concentrações para a estação chuvosa.

O aumento do volume pluviométrico, influência nas concentrações dos parâmetros avaliados, aumenta o escoamento superficial que contribui com a quantidade de nutrientes e sugere elevada atividade antrópica nas proximidades do rio Maracaípe e a lixiviação desse material para o rio.

Os resultados obtidos revelam a importância do monitoramento contínuo do estado trófico no rio Maracaípe. Com a finalidade de verificar as possíveis modificações originadas pelas atividades antrópicas que possam prejudicar o uso da água para a sociedade e para o meio ambiente. Torna-se necessário realizar atividades de fiscalização por órgãos ambientais e atividades de educação ambiental para a população e indústrias locais para a devida manutenção deste ecossistema.

## 5. Agradecimentos

À Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH) pela disponibilidade dos dados sobre o monitoramento da qualidade da água e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio científico concedido.

## 6. Referências

Aguiar, C. P. O., Peleja, J. R. P., Sousa, K. N. S. (2014). Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, 38(6), 983-992. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622014000600003>

Almeida Jr., Olivo, M. A., Araújo, E. L., Zickel, C. S. (2009). Caracterização da vegetação de restinga da RPPN de Maracaípe, PE, Brasil, com base na fisionomia, flora, nutrientes do solo e lençol freático. **Acta Botanica Brasilica**, 23(1), 36-48. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062009000100005>

Alves, I. C. C., El-Robrini, M., Santos, M. L. S., Monteiro, S. M., Barbosa, L. P. F., Guimaraes, J. T. F. (2012). Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica (online)**, 42, 115-124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>

Angelini, R., Bini, L. M., Starling, F. L. R. M. (2008). Efeitos de diferentes intervenções no processo de eutrofização do lago Paranoá (Brasília – DF). **Oecol. Bras.**, 12 (3), 564-571.

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. (2017). Water Environment Federation. 23 th Edition.

Araújo Júnior, J. C. M. (2020). Impactos da presença humana no ecossistema do Riacho Doce, litoral norte do estado de Pernambuco. **Educação Ambiental (Brasil)**, 1(2), 51–63. <http://doi.org/10.5281/zenodo.3969190>

Beghelli, F.G. S., Carvalho, M. E. K., Peche Filho, A., Machado, F.H., Moschini-Carlos V., Pompêo, M.L.M., Ribeiro, A.I., Medeiros, G.A. (2015). Uso do índice de estado trófico e análise rápida da comunidade de macroinvertebrados como indicadores da qualidade ambiental das águas na Bacia do Rio Jundiá-Mirim – SP – BR. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 19(1), 13-22.

Botelho, R. G., Rossi, M. L., Maranhão, L. A., Olinda, R. A., Tornisielo, V. L. (2013). Evaluation of surface

water quality using an ecotoxicological approach: a case study of the Piracicaba River (São Paulo, Brazil). **Environmental Science Pollution Research**, 20(7), 4382-4395. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1613-1>

Braga, B., Porto, M., Tucci, C. E. M. (2006). Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: Rebouças, A. C.; Braga, B. & Tundisi, J. G. (Org.). **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3a ed. São Paulo: Escrituras, 145 – 160.

Brasil - Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. (2006). **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília : Ministério da Saúde.

Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes. **Limnology and Oceanography**, 22(2), 261–269.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2015). **Qualidade de água**. Disponível em: < <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/04.pdf> >. Acesso em: junho/2020. 2020.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2009). **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo, SP, Brasil.

Costa, K. A. (2018). **Avaliação da qualidade da água do rio verde, Ponta Grossa, PR, através de análise multivariada e aplicação de índices de qualidade**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Ponta Grossa, PR, Brasil.

CPRH – Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. (2003) **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**. Recife: CPRH/GERCO, 87 p.

CPRH - Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Relatório bacias hidrográficas**. (2018). Disponível em: < [http://www.cprh.pe.gov.br/Controle\\_Ambiental/monitoramento/qualidade\\_da\\_agua/bacias\\_hidrograficas/relatorio\\_bacias\\_hidrograficas/41786%3B63044%3B4803010202%3B0%3B0.asp](http://www.cprh.pe.gov.br/Controle_Ambiental/monitoramento/qualidade_da_agua/bacias_hidrograficas/relatorio_bacias_hidrograficas/41786%3B63044%3B4803010202%3B0%3B0.asp) >. Acesso em 26 de abril de 2020.

Ding, J., Jiang, Y., Fu, L., Peng, Q., Kang, M. (2015). Impacts of land use on surface water quality in a subtropical river basin: a case study of the Dongjiang River basin, southeastern China. **Water**, 7(8), 4427–4445. <https://doi.org/10.3390/w7084427>

Esteves, F. (1998). **Fundamentos da limnologia**. Rio de Janeiro. Interciência. 574 p.

Horbe, A. M. C., Gomes, I. L. F., Miranda, S. F., Smith, M. S. R. (2005). Contribution to the hydrochemistry of drainages in the municipality of Manaus-AM. **Acta Amazonica**, 35(2), 119 – 124. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200002>

Jarvie, H. P., Neal, C., Withers, P. J. A. (2005). Sewage-effluent phosphorus: a greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus?. **Science of the Total Environment**, 360(1-3), 246-253. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.08.038>

Kuroda, E. K., Santos, A. C. A., Queiroz, L. A., Calijuri, M. C., Bernardo, L. D. (2010). Determinação de

clorofila pelo método espectrofotométrico visando o monitoramento da eficiência do tratamento de águas para abastecimento. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 23. Campo Grande. Anais, ABES. Campo Grande.

Lamparelli, M. C. (2004). **Grau de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Lopes, O. F., Rocha, F. A., de Sousa, L. F., da Silva, D. M. L., Amorim, A. F., Gomes, R. L., ... de Jesus, R. M. (2019). Influence of land use on trophic state indexes in northeast Brazilian river basins. **Environmental Monitoring and Assessment**, 191(2). <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7188-7>

Lundberg, C. (2013). Eutrophication, risk management and sustainability: the perceptions of different stakeholders in the northern Baltic Sea. **Marine Pollution Bulletin**, 66(1–2), 143–150. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.09.031>

Macedo, R. J. A., Manso, V. A. V., Pereira, N. S., Franca, L. G. (2012). Transporte de Sedimentos e Variação da Linha de Costa em Curto Prazo na Praia de Maracaípe (PE), **Brasil. RGCI (online)**, 12(3), 343-355.

Maia, A. A. D., Carvalho, S. L., Carvalho, F. T. (2015). Comparação de dois índices de determinação do grau de trofia nas águas do baixo Rio São José dos Dourados, São Paulo, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 20(4), 613-622. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020040121258>

Quinton, J. N., Catt, J. A., Hess, T. M. (2005). The selective removal of phosphorus from soil: Is event size important? **Journal of Environmental Quality**, 30(2), 538-545. <https://doi.org/10.2134/jeq2001.302538x>

Santos, I. O., G., MARIANO. (2017). Sistema de informação geográfica e caracterização fisiográfica automática da bacia hidrográfica do rio Tatuoca. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 10(3), 866-879. <http://dx.doi.org/10.5935/1984-2295.20170056>

Silveira, R.B. (2005). **Dinâmica populacional do cavalo-marinho Hippocampus Reidi no manguezal de Maracaípe, Ipojuca, Pernambuco, Brasil**. Tese de doutorado. Pontífca Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil.

Smith, V. H., Schindler, D. W. (2009). Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**, 24(4), 201-207. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.11.009>

Soares, R. D. B., Cruz, R. W. L., Silva, C. E. (2019). A influência da precipitação na variabilidade da qualidade da água do rio Parnaíba. **Brazilian Journal of Development**, 5(1), 16645-16674. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n9-204>

Sousa, B. L. M., Peleja, J. R. P., Sousa, B. L. M., Goch, Y. G. F., Ribeiro, J. S., Pereira, B. S., Lima, F. C. C., Lemos, E. J. S. (2018). Índice de Estado Trófico de Lagos de Águas Claras Associados ao Baixo Rio Tapajós, Amazônia, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, 9(7), 76-89. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0008>

Souza, S. N. (2009). **Aplicação da técnica de análise multivariada para avaliação de redes de**

**monitoramento de qualidade da água.** Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, PE, Brasil.

Toledo Jr., A. P.; Talarico, M., Chinez, S. J., Agudo, E. G. (1983) A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processos de eutrofização em lagos e reservatóriostropicais. In: **XII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Anais ...** Camboriú, Brasil.

Vila Nova, F. V. P., Torres, M. F. A. (2012). Avaliação ambiental em unidades de conservação: estuário do rio Maracaípe, Ipojuca-PE, Brasil. **Revista de Geografia**, 29(1), 199-224.

Wetzel, R. G. (1993). **Limnologia** (2a ed). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.