



Índice De Estado Trófico para Fósforo Total Aplicado na Sub-Bacia do Rio Alto Paraguai, em Mato Grosso

Index of Trophic State for Total Phosphorus Applied in the Alto Paraguay River Sub-Basin, In Mato Grosso

Índice de Estado Estófico para el Fósforo Total Aplicado en la Sub-Cuenca de Rio Alto Paraguay, en Mato Grosso

Bethânia de Carvalho

Mestranda em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, UNEMAT, Brasil.
carvalho.bethania@unemat.br

Oalas Aparecido Morais dos Santos

Professor Doutor, IFMT, Brasil.
oalassantos@hotmail.com

Janielly de Carvalho Camargo

Analista de Meio Ambiente Doutora, SEMA-MT, Brasil.
janiellycamargo@gmail.com



RESUMO

A Sub-bacia do Rio Alto Paraguai desperta especial interesse e ocupa posição de destaque por abrigar o Pantanal Mato-grossense: a maior área úmida contínua do planeta. A paisagem das cidades que fazem parte da área de estudo tem sofrido mudanças significativas ao longo das últimas décadas, em razão de ações antropogênicas apoiadas pela justificativa de fomento do desenvolvimento. Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para uma boa gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, foram desenvolvidos vários índices e indicadores ambientais para avaliação desta, com base em suas características físico-químicas e biológicas. O uso do Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) constitui metodologia prática de avaliação da qualidade, disponibilidade e o efeito do aporte de fósforo em corpos de água, facilitando a interpretação e a divulgação dos resultados obtidos e, quando aplicado a corpos aquáticos de uma mesma região, permite a rápida avaliação comparativa do estado trófico dos mesmos. Os valores de IET-PT são classificados, segundo o grau de trofia, em Ultraoligotrófico, oligotrófico, eutrófico, mesotrófico, supereutrófico e hipereutrófico. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação espaço-temporal das características tróficas, em função do nutriente fósforo total, dos principais rios da Sub-bacia do Alto Paraguai, no Estado de Mato Grosso, por meio da determinação do Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) proposto por Toledo et al. (1983) e modificado por Lamparelli (2004), utilizando dados de qualidade das águas entre os anos de 2015 e 2017, fornecidos pela SEMA.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, pressão antrópica, eutrofização.

ABSTRACT

The sub-basin from High Paraguay River arose especial interest and it has a main role into Mato-Grossos's Pantanal: the world's largest continuous humid area. The landscape from the cities that are part of the studied area has been changing through the last decades, inasmuch as anthropogenic action has been justified with development. It is fundamental for a good hydric management to know the available water's quality. Being such, it has been developed many ambiental markers to evaluate it based on two physico-chemical and biological characteristics. The use of "Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT)" makes a practical methodology about quality evaluation, disponibility and effects of phosphor disposal on water bodies, facilitating interpretation and the disclosure of obtained results and when applied to water bodies from the same region, it allows a fast comparative evaluation from it 's trophic state. The "IET-PT" values are sort, by trophy grade, in UltraOligotrophic, oligotrophic, eutrophic, mesotrophic, supereutrophic and hypereutrophic. In view of the foregoing, this work 's objective is to analyze espace-temporal variation from trophic characteristics, in function of the total phosphorus nutrient, from the main rivers of the High Paraguay sub-basim, in Mato-Grosso Estate, determining through the "índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT)" suggested by Toledo et al. (1983) and modified by Lamparelli (2004), utilizing water 's quality date from the years of 2015 and 2017, handed by SEMA.

KEY WORDS: water resources, anthropic pressure, eutrophication.

RESUMO

La subcuenca del río Alto Paraguay despierta un interés especial y ocupa un lugar destacado porque alberga el Pantanal Mato-grossense: el área húmeda continua más grande del planeta. El paisaje de las ciudades que forman parte del área de estudio ha sufrido cambios significativos en las últimas décadas, debido a las acciones antropogénicas respaldadas por la justificación para promover el desarrollo. Conocer la calidad del agua disponible es esencial para una buena gestión de los recursos hídricos. Por lo tanto, se han desarrollado varios índices e indicadores ambientales para evaluar esto, en función de sus características físico-químicas y biológicas. El efecto del aporte de fósforo en los cuerpos de agua, facilita la interpretación y difusión de los resultados obtenidos y, cuando se aplica a cuerpos acuáticos en la misma región, permite una evaluación comparativa rápida de su estado trófico. Los valores de IET-PT se clasifican, según el grado de trofeo, en Ultraoligotróficos, oligotróficos, eutróficos, mesotróficos, supereutróficos e hipereutróficos. Dado lo anterior. El objetivo de este trabajo fue analizar la variación espacio-temporal de las características tróficas, en función del nutriente de fósforo total, de los principales ríos de la subcuenca del Alto Paraguay, en el estado de Mato Grosso, a través de la determinación del índice de estado trófico para el fósforo. Total (IET-PT) propuesto por Toledo et al. (1983) y modificado por Lamparelli (2004), utilizando datos de calidad del agua entre los años 2015 y 2017, proporcionados por SEMA.

PALABRAS CLAVE: recursos hídricos, presión antrópica, eutrofización.



INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos - LEI Nº. 9.433/97 (Lei das Águas) em seu artigo 8º estabelece que os Planos de Recursos Hídricos serão elaborados por bacia hidrográfica, por Estado e para o País (BRASIL, 1997). A Lei das Águas trouxe avanços importantes para a gestão ambiental no Brasil. O território brasileiro foi dividido em 12 Regiões Hidrográficas – Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Paraguai, Uruguai, Paraná e Atlântico Sul. A Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela Lei Nº. 9.984/00 e regulamentada pelo Decreto Nº. 3.692/00, é responsável por implementar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) (BRASIL, 2000).

A adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial é importante porque sua área influencia a quantidade e a qualidade de água produzida. O Estado de Mato Grosso possui três importantes Regiões Hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia e Paraguai. Embora pertencentes a grandes bacias hidrográficas, muitos rios possuem ligações estreitas com os lugares que atravessam, representando desta forma uma unidade hidrográfica e recebendo a denominação de sub-bacia. Diante disso, além da divisão nacional, os Estados fizeram divisões hidrográficas próprias para fins de gestão utilizando diferentes critérios (PERES; SILVA, 2010). A Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT), órgão executor da Política Estadual de Recursos Hídricos (Lei Nº. 6945/97), realiza periodicamente, em períodos sazonais distintos, estudos que objetivam avaliar a qualidade das águas superficiais do Estado.

Diante da crescente complexidade dos problemas relacionados ao uso da água, torna-se cada vez mais necessário compreender os processos que controlam o movimento da água e os impactos de mudanças do uso do solo sobre a quantidade e qualidade da água. A Sub-bacia do Rio Alto Paraguai desperta especial interesse e ocupa posição de destaque por abrigar o Pantanal Mato-grossense: a maior área úmida contínua do planeta (ANA, 2013).

Desde a década de 1970, com o processo de expansão da fronteira agrícola, tanto as terras planas dos topos dos chapadões quanto as terras mais baixas vêm registrando significativo desenvolvimento socioeconômico, com intenso uso e ocupação do solo sem obedecer a um ordenamento territorial (WEIHS; SAYAGO; TOURRAND, 2017). O aumento da demanda tem causado forte pressão antrópica sobre os ambientes aquáticos, o que pode provocar crescimento excessivo de plantas inferiores (fitoplâncton), plantas superiores (macrófitas), alga com raízes (perifiton), mortandade de peixes e outras espécies aquáticas, além de afetar a saúde humana, através do contato e/ou da ingestão de água contaminada.

Os problemas de qualidade da água têm suas principais origens nas práticas não-sustentáveis na agropecuária e na disposição inadequada de dejetos sólidos e líquidos, gerados por atividades domésticas e industriais. Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para uma boa gestão dos recursos hídricos (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETTO, 2000). Sendo assim, foram desenvolvidos vários índices e indicadores ambientais para diagnosticar alterações em corpos aquáticos, com base em suas características físico-químicas e biológicas. O uso do Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) constitui metodologia prática de avaliação da qualidade, disponibilidade e o efeito do aporte de fósforo, facilitando a



interpretação e a divulgação dos resultados obtidos e, quando aplicado a corpos hídricos de uma mesma região, permite a rápida avaliação comparativa do estado trófico dos mesmos. Os valores de IET-PT são classificados, segundo o grau de trofia em: Ultraoligotrófico; oligotrófico; eutrófico; mesotrófico; supereutrófico e; hipereutrófico (LAMPARELLI, 2004).

O fósforo é um nutriente de grande relevância na cadeia alimentar; faz parte das membranas fosfolipídicas; forma a molécula de adenosina trifosfato (ATP), que estoca energia em suas ligações químicas. Por isso, é encontrado no ambiente tanto na forma orgânica quanto na inorgânica, ligados a metais e também a outros íons. É importante controlar a sua entrada e acumulação nos corpos d'água, pois, quando descarregado em altas concentrações, secundados às boas condições de luminosidade, temperatura e pH, é responsável pelo enriquecimento do meio aquático. Este processo é denominado eutrofização. Pode ocorrer de forma natural ou ser induzido e acelerado por ações antrópicas, tais como: drenagem de fertilizantes agrícolas, águas pluviais de cidades, detergentes, resíduos de mineração, drenagem de dejetos humanos (MARANHO, 2012). Um dos mais relevantes impactos da aceleração do processo de eutrofização é o aumento da probabilidade de ocorrência de florações de algas, sobretudo as cianobactérias potencialmente tóxicas, as quais podem alterar a qualidade do curso d'água, principalmente no que diz respeito ao abastecimento público.

Lamparelli (2004) considera a eutrofização um dos um dos mais importantes problemas ambientais e sociais de qualidade da água na atualidade. Conforme Smith & Schindler (2009), consiste numa ameaça à saúde pública e aos usos múltiplos dos recursos hídricos, além de provocar perdas econômicas significativas e produção de gases tóxicos, como amônia e gás sulfídrico. Souza, Mello & Seixas Filho (2014) enfatizam que a eutrofização das águas está diretamente relacionada com a irresponsabilidade ambiental das ações antrópicas e que sua origem está atrelada à cultura do consumo excessivo, imposta pelo século XXI, associada à falta de governança.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a variação espaço-temporal das características tróficas, em função do nutriente fósforo total, dos principais rios da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no Estado de Mato Grosso, por meio da determinação do Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) proposto por Toledo et al. (1983) e modificado por Lamparelli (2004), utilizando dados de qualidade das águas entre os anos de 2015 e 2017, fornecidos pela SEMA-MT.

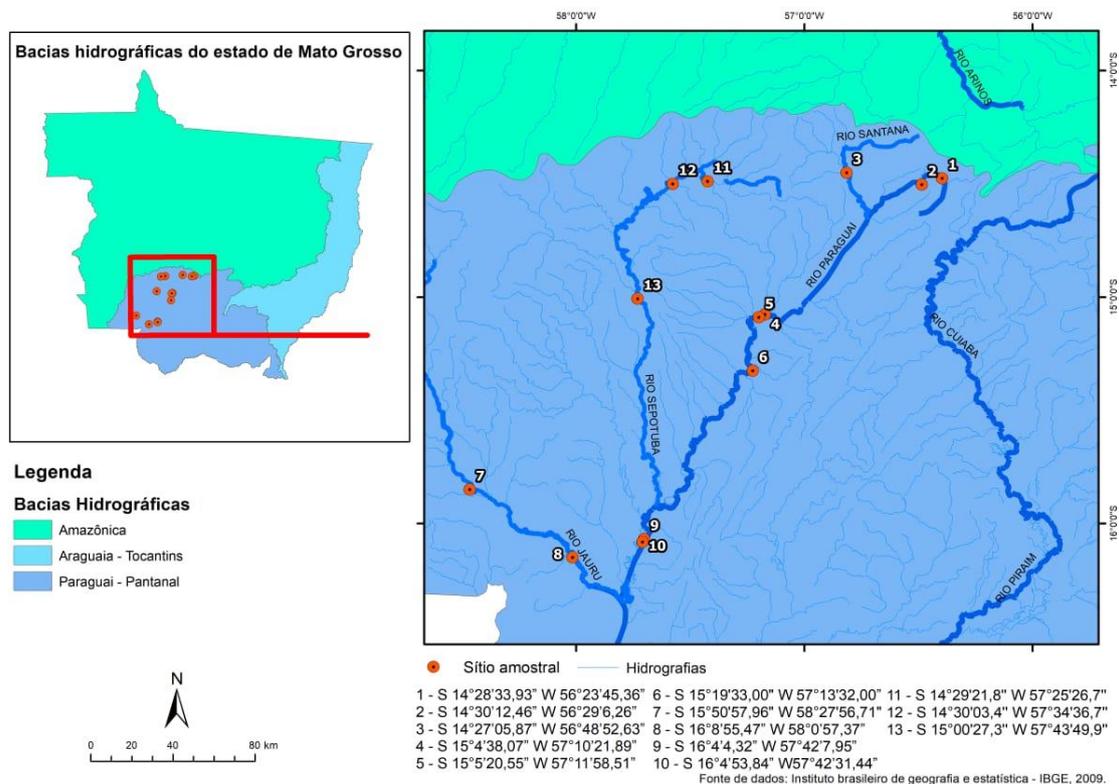
MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de Estudo

Com uma área de aproximadamente 140.928 km², a Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, localiza-se entre as coordenadas geográficas 14°10' e 17°50'S e 59°30' e 53°20'W. É formada pelo seu rio principal, o Rio Paraguai, seus afluentes pela margem direita, como os Rios Sepotuba, Santana, Cabaçal, Bugres e Jauru, e seus afluentes pela margem esquerda, a saber, Bento Gomes e Cuiabá (FEMA, 1995).



Figura 1: Localização dos Sítios Amostrais.



Fonte: MATO GROSSO, 2018.

Com população de 438.840 habitantes (IBGE,2018), na área estudada localizam-se os municípios de Tangará da Serra, Nova Olímpia, Arenápolis, Nortelândia, Denise, Diamantino, Alto Paraguai, Barra do Bugres e Porto Estrela, Cáceres, Lambari d’Oeste, Rio Branco, Salto do Céu, Reserva do Cabaçal, Araputanga, Figueirópolis d’Oeste, Glória d’Oeste, Mirassol d’Oeste, Porto Esperidião, Nova Marilândia, Santo Afonso, São José dos Quatro Marcos, Indivaí e Jauru.

Quadro 1: Municípios que Englobam os Sítios Amostrais

Município	População estimada	Microrregião	Sítio Amostral
Tangará da Serra	101.764	Tangará da Serra	11 e 12
Nortelândia	6.056	Alto Paraguai	3
Alto Paraguai	11.238	Alto Paraguai	1 e 2
Barra do Bugres (Dist. de Nova Fernandópolis)	34.619	Tangará da Serra	4, 5 e 13
Cáceres	98.882	Alto Pantanal	8, 9 e 10
Porto Esperidião	11.935	Jauru	6 e 7

Fonte: IBGE, 2018.

A paisagem das cidades que fazem parte da Sub-bacia tem sofrido mudanças significativas ao longo das últimas décadas, em razão de ações antropogênicas apoiadas pela justificativa de



fomento do desenvolvimento socioeconômico, sobretudo Tangará da Serra e Cáceres, que são as cidades mais populosas da sub-bacia. O Plano de Incentivo a novas empresas, Lei Nº 3.445/10 tem atraído investimentos importantes para o município de Tangará da Serra, através da isenção de impostos e da doação de terrenos (TANGARÁ DA SERRA, 2010). Nesta cidade as atividades econômicas predominantes são a agricultura, sobretudo as culturas de soja e cana-de-açúcar, e a pecuária baseada na fase de cria, recria e corte, além da leiteira. A agricultura, pecuária e o turismo constituem a base econômica de Cáceres.

Com estações seca e chuvosas alternadas, o clima da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai é tropical quente e sub-úmido, caracterizado por temperaturas médias anuais altas. O ciclo hidrológico e a dinâmica hídrica da região estudada são condicionantes ambientais que garantem a alta biodiversidade e mantêm o funcionamento ecológico de toda a região. Há um sinergismo entre as porções territoriais de planície e de planalto. Historicamente, a planície é conhecida como Pantanal, porém a delimitação do domínio biogeográfico abrange porções além da planície. O frágil equilíbrio do ecossistema pantaneiro está ameaçado pelas atividades econômicas desenvolvidas na sub-bacia. Toda e qualquer análise de impacto do uso e ocupação do solo na qualidade de seus cursos d'água, bem como medidas de conservação da sua biodiversidade, devem considerar o planalto adjacente.

A exploração intensiva, acompanhada de desmatamentos e alteração de áreas naturais tem comprometido também o cerrado, formação do tipo savana tropical que ocupa posição de especial importância na manutenção da biodiversidade e disponibilidade dos recursos hídricos da sub-bacia do Rio Alto Paraguai. A Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente, por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO definiu as áreas de ações prioritárias para a conservação da biodiversidade do cerrado e do pantanal. O projeto constitui-se em um marco referencial e histórico para o conhecimento da biodiversidade do cerrado, uma formação do tipo savana tropical. A lista de espécies vegetais para o Cerrado, que antes contava com cerca de 6.000 espécies, hoje chega quase a 12.000.

As populações silvestres no Pantanal são dinâmicas e têm seus deslocamentos fortemente influenciados pelas oscilações. No inverno a seca e a baixa umidade relativa do ar costumam ocasionar queimadas. A pecuária sem tratamentos culturais específicos também é responsável por incêndios e queimadas, além de desmatamentos para dar lugar a pastagens o que ocasiona degradação do solo, principalmente erosão e compactação.

Dados de Monitoramento

Os dados utilizados nesse estudo foram obtidos por meio do Relatório de Monitoramento de Qualidade de Água elaborado pela SEMA-MT, que atualmente opera uma rede de monitoramento qualitativo e quantitativo composta por 112 pontos de amostragem em todo o estado de Mato Grosso. Para fins de gestão de recursos hídricos, a Região Hidrográfica Paraguai é dividida em 13 Unidades de Planejamento e Gestão (UPG), sendo 7 no estado de Mato Grosso e 6 em Mato Grosso do Sul. A rede hidrológica é composta por 36 pontos de coleta. Desse total,



17 pontos de amostragem estão localizados na sub-bacia do Cuiabá, 6 na sub-bacia do Rio São Lourenço e 13 na sub-bacia do Alto Paraguai (Figura 2) (Quadro 1), Todas as estações de coleta estão cadastradas no banco de dados da ANA; os relatórios bianuais com os dados gerados são disponibilizados e podem ser consultados no site da ANA/HIDROWEB e no site da SEMA/MT.

Figura 2: Pontos de monitoramento na Região Hidrográfica do Paraguai, no Estado de Mato Grosso



Fonte: SEMA-MT, 2018.

As coletas realizadas pela Coordenadoria de Monitoramento da Qualidade Ambiental da SEMA-MT seguiram os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas da Cetesb (2011), e APHA (2012).

Determinação do Índice de Estado Trófico para Fósforo total (IE-PT)

Todos os resultados de análises de fósforo fornecidos pela SEMA-MT foram convertidos pra a fórmula de cálculo do IET-PT modificada por Lamparelli (2004), que é estabelecida para ambientes lóticos segundo a Equação 1. Os resultados foram interpretados de acordo com o Quadro 2.

$$IET (PT) = 10 * (6 - ((0,42 - 0,36 * (\ln PT))/\ln 2)) - 20 \quad (1)$$



Onde:

- IET (PT): Índice de estado trófico em relação à variável fósforo total para ambientes lóticos;
- PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em $\mu\text{g/L}$;
- In: logaritmo natural.

Quadro 2: Classificação do Estado Trófico para Rios e suas Características Principais

Critério	Estado Trófico	Características
$\text{IET} \leq 47$	Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
$47 < \text{IET} = 52$	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da presença de nutrientes.
$52 < \text{IET} = 59$	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
$59 < \text{IET} = 63$	Eutrófico	Corpos d'água com alta produtividade e redução da transparência, afetados por atividades antrópicas, ocorrendo alterações indesejáveis na qualidade da água decorrentes do aumento da concentração de nutrientes e interferências nos seus múltiplos usos.
$63 < \text{IET} = 67$	Supereutrófico	Corpos de água com alta produtividade, de baixa transparência, em geral afetados por atividades antrópicas, com frequentes alterações indesejáveis na qualidade da água, como florações de algas e interferências nos seus múltiplos usos.
$\text{IET} > 67$	Hipereutrófico	Corpos d'água afetados significativamente pelas elevadas concentrações de matéria orgânica e nutrientes, com comprometimento acentuado nos seus usos, associado a episódios florações de algas ou mortandades de peixes, com consequências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2009 e LAMPARELLI, 2004.

Análise dos Dados

Para verificar se os valores de fósforo total e do índice de estado trófico variam entre os anos e entre as estações foi empregada uma análise de Kruskal Wallis, conhecida também como ANOVA byrankstest, sendo considerados significativos valores de $p \leq 0,05$. Essa análise foi realizada com auxílio do software PAST 3.25 (Hammer et al., 2001).

Para verificar se existem padrões de distribuição espacial e temporal para os valores de fósforo total foi empregada uma análise de componentes principais (PCA), também realizada com auxílio do software PAST 3.25.

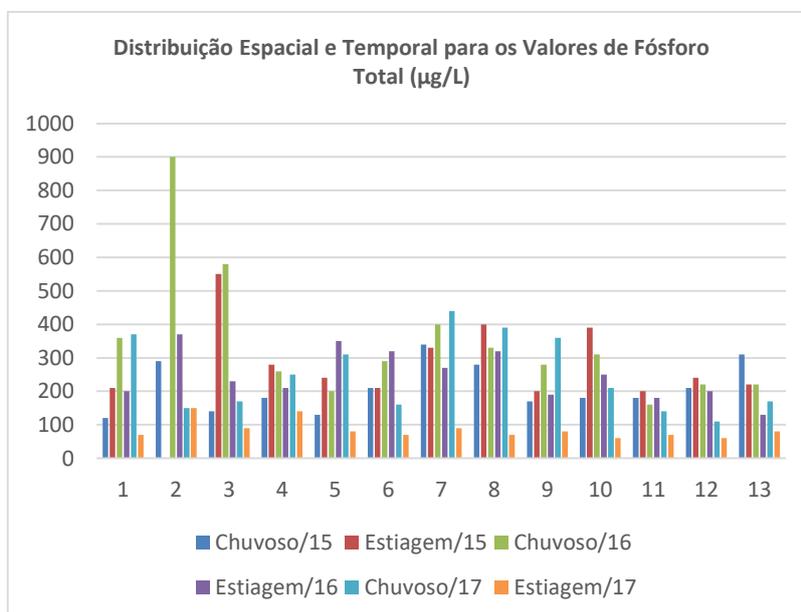


RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em condições favoráveis ao surgimento do escoamento superficial, elementos químicos como o fósforo e o nitrogênio são transportados para os cursos d'água enriquecendo o meio e favorecendo aumento da biomassa do fitoplâncton; crescimento de espécies de algas potencialmente tóxicas ou não comestíveis; crescimento da biomassa de algas bentônicas e epifíticas; crescimento excessivo de macrófitas aquáticas; aumento da frequência de mortandade de peixes; redução da biodiversidade e da transparência da água; depleção de oxigênio dissolvido e; diminuição do valor estético. Ocorre também o carreamento de herbicidas, transportados depois da aplicação inicial através da lixiviação horizontal e vertical para a água (SMITH & SCHINDLER, 2009).

Nos resultados analisados para a maioria das estações de amostragem foi possível identificar níveis mais elevados de Fósforo Total e IET-PT durante o período chuvoso. O que pode ser justificado pelo processo de lixiviação de sedimentos e carreamento de herbicidas, transportados depois da aplicação inicial através da lixiviação horizontal e vertical para o curso d'água. Os valores de concentração do fósforo total e os índices de estado trófico para todos os pontos de amostragem da área de estudo estão dispostos, respectivamente, nos gráficos 1 e 2.

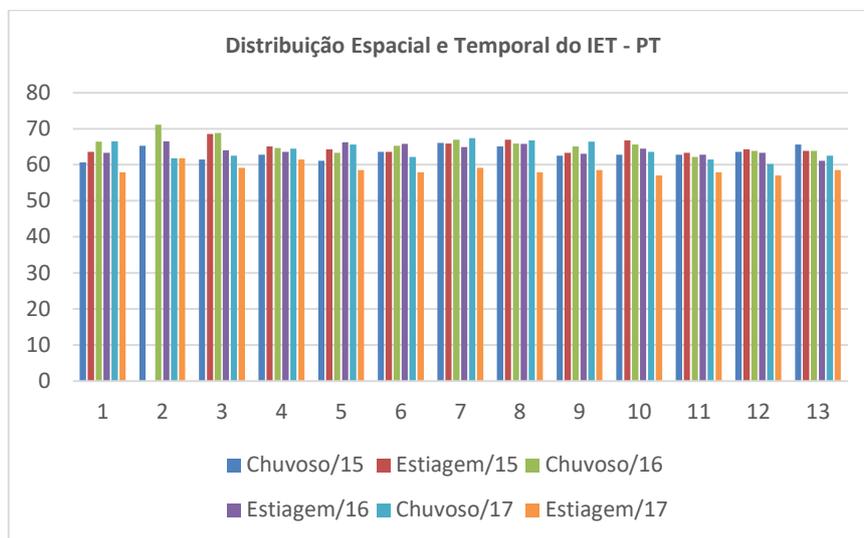
Gráfico 1: Concentração de Fósforo Total ($\mu\text{g/L}$) para Cada Um dos 13 Pontos Localizados na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, nos Anos de 2015 a 2017



Fonte: os autores.



Gráfico2: Índice de Estado Trófico para Fósforo total (IET-PT) para Cada Um dos 13 Pontos Localizados na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, nos Anos de 2015 a 2017.



Fonte: os autores.

No período chuvoso e na estiagem, a área de estudo apresentou estado trófico para fósforo total de Eutrófico a Supereutrófico.



Tabela 1: Classificação da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai em função das médias de IET-PT para Estação chuvosa e Estiagem, no Período de 2015 a 2017

Sítio Amostral	Estação	IET=PT	Classificação
1	Chuvosa	64,5	Supereutrófico
	Estiagem	61,5	Eutrófico
2	Chuvosa	66,0	Supereutrófico
	Estiagem	64,1	Supereutrófico
3	Chuvosa	64,2	Supereutrófico
	Estiagem	63,9	Supereutrófico
4	Chuvosa	63,9	Supereutrófico
	Estiagem	63,3	Supereutrófico
5	Chuvosa	63,3	Supereutrófico
	Estiagem	63,0	Supereutrófico
6	Chuvosa	63,6	Supereutrófico
	Estiagem	62,3	Eutrófico
7	Chuvosa	66,8	Supereutrófico
	Estiagem	63,3	Supereutrófico
8	Chuvosa	65,9	Supereutrófico
	Estiagem	63,5	Supereutrófico
9	Chuvosa	64,6	Supereutrófico
	Estiagem	61,6	Eutrófico
10	Chuvosa	63,9	Supereutrófico
	Estiagem	62,7	Eutrófico
11	Chuvosa	62,1	Eutrófico
	Estiagem	61,3	Eutrófico
12	Chuvosa	62,5	Eutrófico
	Estiagem	61,5	Eutrófico
13	Chuvosa	63,9	Supereutrófico
	Estiagem	61,1	Eutrófico

Fonte: adaptado de LAMPARELLI, 2004.

A análise de Kruskal Wallis mostrou que existem diferenças significativas entre os anos ($H=15,99$; $p=0,0003339$) e entre as estações ($H=4,446$; $p=0,03485$) para os valores de fósforo total e para os valores do Índice de Estado Trófico. A análise de componentes principais corroborou os



resultados evidenciados pela análise de Kruskal Wallis ao demonstrar a existência de padrões espaciais e temporais tanto para os valores de fósforo total, quanto para os valores do IET-PT (Tabela 2; Figuras 3 e 4).

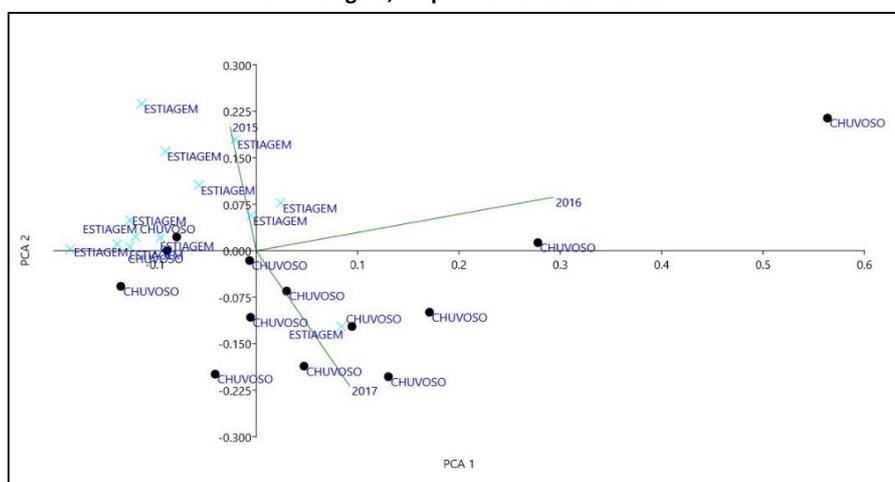
Tabela 2: Resultado da Análise de Componentes Principais – PCA Realizada com os Resultados de Fósforo Total e do Índice de Estado Trófico da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai no período de 2015 a 2017.

Eixo	Fósforo total		Índice de estado trófico	
	Autovalor	% de explicação	Autovalor	% de explicação
PCA 1	0,0250107	51,27	161,66	91,40
PCA 2	0,014703	29,45	11,5586	6,53

Fonte: os autores.

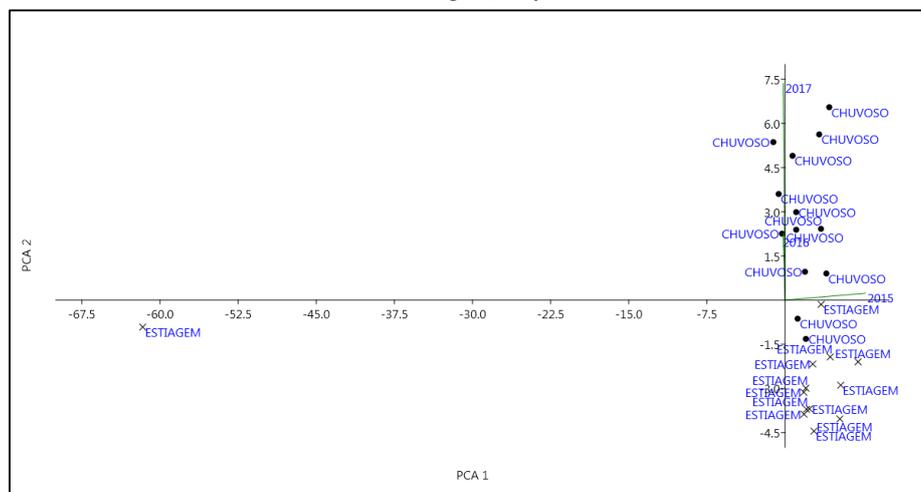
Os dois primeiros eixos da PCA realizada com os resultados de fósforo total explicaram juntos 80,72% da variação dos dados, sendo que o eixo 1 foi responsável por 51,27% da variabilidade dos dados e o eixo 2 por 29,45% da variabilidade dos dados (Tabela 2 e Figura 3). Com relação ao Índice de estado trófico, os dois primeiros eixos da PCA para os resultados de fósforo total explicaram juntos 97,93 % da variação dos dados, sendo que o eixo 1 foi responsável por 91,40% da variabilidade dos dados e o eixo 2 por 6,53% da variabilidade dos dados (Tabela 2 e Figura 4).

Figura 3: Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os resultados de fósforo total da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no período de 2015 a 2017



Fonte: os autores.

Figura 4: Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os resultados do índice de estado trófico da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no período de 2015 a 2017



Fonte: os autores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados correspondentes ao fósforo (IET-PT) devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, já que este nutriente atua como o agente causador do processo; enquanto os correspondentes à clorofila A (IET-CL), devem ser considerados como uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador. A clorofila A é um pigmento fotossintético, encontrado em organismos fitoplanctônicos. Sua análise é fundamental para o cálculo do Índice de Estado Trófico (IET), pois, este estabelece uma relação de causa e efeito, uma vez que consiste na média entre os resultados do cálculo do IET-PT e do IET-CL (CETESB, 2009). O IET estabelece o grau de trofia dos corpos hídricos, avaliando o enriquecimento por nutrientes e seus efeitos relacionados ao crescimento excessivo de algas. Sugere-se a adoção da análise da variável Clorofila A nos programas de monitoramento da qualidade de águas superficiais. A clorofila A é um dos muitos parâmetros que pode ser monitorado através de sensoriamento remoto em diferentes áreas e intervalos de tempo. O sensoriamento remoto oferece diversas técnicas e maneiras de se monitorar recursos hídricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Federal Nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, regulamenta o inc. XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1o da Lei no 8.001, de 13.03.1990, que modificou a Lei no 7.990, de 29.12.1989.** Diário Oficial da União, Brasília, 9 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 30 jan. 2019.

_____. Lei Federal Nº 9.984, de 17 de julho de 2000. **Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas – ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm>. Acesso em: 30 jan. 2019.



_____. Decreto Nº 3.692, de 19 de Dezembro de 2000. **Dispõe sobre a instalação, aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos Comissionados e dos Cargos Comissionados Técnicos da Agência Nacional de Águas - ANA, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, de 17 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3692.htm>. Acesso em 20 de abril de 2019.

_____. Resolução do CONAMA nº 357,, 17 de março de 2005. **Dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de efluentes, e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, 17 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 24 Abr. 2019.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo.** São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguassuperficiais/variaveis.pdf>>. Acesso em: 20 de abril. 2019.

IBGE. **IBGE divulga as Estimativas de População dos municípios para 2018.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>. Acesso em 20 Abr. 2019.

HAMMER, Ø., HARPER, DAT, RYAN, PD 2001. PAST: **Pacote de software de estatísticas paleontológicas para análise de dados e educação.** Palaeontologia Electronica 4 (1): 9pp.

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** São Paulo : USP/ Departamento de Ecologia., 2004. 235 f. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, 2004.

MARANHO, L. A. **Avaliação da qualidade da água do rio Corumbataí (SP) por meio de variáveis bióticas e abióticas.** (Tese de Doutorado). 106p. Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

MATO GROSSO. **Lei 6.945, de 05 de Novembro de 1997. Dispões sobre Lei de Política Estadual e Recursos Hídricos, Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos e dá outras providências.** Diário Oficial de Mato Grosso. P. 1, 05. Cuiabá, nov. 1997.

_____. Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA, Superintendência de Recursos Hídricos. **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água do Estado de Mato Grosso – 2015-2017.** Organizado por CAMARGO, J. C.; FIGUEIREDO, S. B. - Cuiabá: SEMA/MT; SURH. Cuiabá, 2018.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. **A relação entre Planos de Bacia Hidrográfica e Planos Diretores Municipais: Análise de Conflitos e Interlocações visando Políticas Públicas Integradas.** V Encontro Nacional da Anppas. Florianópolis. 4 a 7 de out. de 2010.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. **Eutrophication science: where do we go from here?** Trends in Ecology & Evolution, 23 Feb 2009. Disponível em: < <https://europemc.org/article/MED/12729046>>. Acesso em 23 Abr. 2019.

SOUZA, E. C. S., MELLO, S. C. R. P.; SEIXA FILHO, J. T. **Eutrofização das Águas Causa Malefícios à Saúde Humana e Animal.** Revista Semioses, v.8, n. 1, 2014.

TANGARÁ DA SERRA, Lei Nº 3.445, De 27 de Outubro de 2010. **Dispõe sobre Incentivos Fiscais e Econômicos para Empresas Industriais, Comerciais e Prestadoras de Serviços No Âmbito do Município de Tangará Da Serra, Revoga A Lei Nº 2.168 de 23 de Junho de 2004 e Suas Alterações, Lei Nº 2.371 De 12 De Agosto De 2005 E Lei Nº 2.424 De 08 De Novembro De 2005, E dá Outras Providências.** Disponível em: < <https://leismunicipais.com.br/MT/TANGARA.DA.SERRA/LEI-3445-2010-TANGARA-DA-SERRA-MT.pdf>>. Acesso em 20 Abr. 2019.



TOLEDO, A.P.J.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. (1983) **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12., Balneário Camboriú, Santa Catarina. ABES –Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. p.1-34. Balneário Camboriú. 1983.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. M. **Cenários da gestão da água no Brasil: uma contribuição para a "visão mundial da água".** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 31-43, 2000.

WEIHS, M.; SAYAGO, D.; TOURRAND, J. **Dinâmica da fronteira agrícola do Mato Grosso e implicações para a saúde.** Estud. av. vol.31 no.89 São Paulo Jan./Abr. 2017.

FRANÇA, Júnia Lessa *et al.* **Manual para normalização de publicações técnico-científicas.** 6. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2003. 230 p.