



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
COORDENAÇÃO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**

BETHÂNIA DE CARVALHO

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO PARA FÓSFORO TOTAL (IET-PT) APLICADO NA
SUB-BACIA DO RIO ALTO PARAGUAI, EM MATO GROSSO**

**Cuiabá – MT
2019**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO**

CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA

DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

COORDENAÇÃO DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU, EM NÍVEL DE ESPECIALIZAÇÃO,
EM INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO PARA NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS**

BETHÂNIA DE CARVALHO

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO PARA FÓSFORO TOTAL (IET-PT) APLICADO NA
SUB-BACIA DO RIO ALTO PARAGUAI, EM MATO GROSSO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu, em Nível de Especialização, em Inovação e Empreendedorismo para Negócios Sustentáveis do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Campus Cuiabá - Bela Vista.

Orientador: Prof. Oalas Aparecido Morais dos Santos

Coorientadora: Prof^a Janielly Carvalho Camargo

**Cuiabá – MT
2019**

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus
Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

C331í

Carvalho, Bethânia de

Índice de estado trófico para fósforo total (IET-PT) aplicado na sub-bacia do rio Alto Paraguai, em Mato Grosso. / Bethânia de Carvalho.

Cuiabá, 2019.

29f.

Orientador: Prof. Dr. Oalas Aparecido Moraes dos Santos

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Janielly Carvalho Camargo

TCC (Especialização em Inovação e Empreendedorismo para Negócios Sustentáveis) -. Programa de Pós-graduação. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Recursos hídricos – TCC. 2. Indicadores ambientais – TCC. 3. Rio Alto Paraguai - TCC. I. Santos, Oalas Aparecido Moraes dos. II. Camargo, Janielly Carvalho. III. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 566.18(817.2)

CDD 333.98172

FOLHA DE APROVAÇÃO


BETHÂNIA DE CARVALHO

**ÍNDICE DE ESTADO TRÓFICO PARA FÓSFORO TOTAL (IET-PT)
APLICADO NA SUB-BACIA DO RIO ALTO PARAGUAI, EM MATO GROSSO**


Trabalho de Conclusão de Curso de Pós-Graduação Lato Sensu, em Nível de Especialização, em Inovação e Empreendedorismo para Negócios Sustentáveis, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores convidados e do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Especialista.

Aprovado em 27 de junho de 2019.

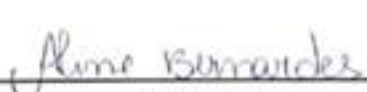
BANCA EXAMINADORA




Dr Oalas Aparecido Morais dos Santos
Professor Orientador – IFMT



Drª Janielly de Carvalho Camargo
Professora Coorientadora – SEMA-MT



Drª Aline Bernardes
Professora Convidada - IFMT



Drª Leticia Barbosa Ceron
Professora Convidada – UNIC

Cuiabá – MT

2019

“Você tem que agir como se fosse possível transformar radicalmente o mundo. E você tem que fazer isso o tempo todo.”

Angela Davis

AGRADECIMENTOS

À Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Ao meu orientador Professor Dr. Oalas Aparecido Moraes dos Santos e à minha coorientadora Dr^a Janielly de Carvalho Camargo pela orientação, correções, incentivos, compreensão e confiança.

Gostaria de agradecer à minha mãe, Gláucia Patrícia Carvalho Bruno, ao meu padrasto, Edemilson Francisco da Silva Bruno e ao meu irmão, João Mateus de Carvalho Fernandes, que nunca me negaram apoio durante a minha trajetória acadêmica. Não poderia me esquecer dos meus amigos, a família que eu escolhi, Maria Gabriela Corrêa da Silva, Gilson Pereira Chaves Filho, Andreza Estéfane Silveira Gonçalves, Tairine Fernanda da Silva Magalhães.

Sou grata também ao meu parceiro, Jean Gabriel Miranda Matfield, que me incentivou nas horas difíceis e compreendeu minha ausência pelo tempo dedicado aos estudos.

RESUMO

O Brasil tem o privilégio de abrigar umas das mais extensas bacias hidrográficas do mundo. A LEI Nº. 9.433/1997 (Lei das Águas) dividiu o território brasileiro 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. Além da divisão nacional, os Estados fizeram divisões hidrográficas próprias. O Estado de Mato Grosso possui três importantes Regiões Hidrográficas: Amazônica, Tocantins-Araguaia e Paraguai. Esta última tem sua rede hidrológica composta por 36 pontos de coleta. Desse total, 17 pontos estão localizados na sub-bacia do Rio Cuiabá, 6 na sub-bacia do Rio São Lourenço e 13 na sub-bacia do Alto Rio Paraguai. Nesta sub-bacia localizam-se os municípios de Tangará da Serra, Nova Olímpia, Arenópolis, 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, Indiavaí, e Jauru. A modernização do campo estimulou um processo de intensa transformação no que se refere ao espaço geográfico agropecuário da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai. O significativo desenvolvimento socioeconômico, com intenso uso e ocupação do solo sem obedecer a um ordenamento territorial, tem comprometido o frágil equilíbrio do ecossistema pantaneiro. 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 aquático, processo denominado eutrofização. Neste processo, o fósforo atua como agente causador do processo, enquanto a clorofila-a é considerada uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador. A eutrofização consiste numa ameaça à saúde pública e aos usos múltiplos dos recursos hídricos, além de provocar perdas econômicas significativas e produção de gases tóxicos. Os corpos hídricos são classificados quanto ao enriquecimento de nutrientes, em ultraoligotrófico, oligotrófico, eutrófico, mesotrófico, supereutrófico e hipereutrófico. É preciso reduzir o aporte de nutrientes, tanto os provenientes da produção agrícola quanto os de áreas industriais e urbanas, para se manter boas condições ecológicas dos corpos d'água que compõem a área estudada. Desta forma, o presente trabalho

teve como objetivo analisar a variação espaço-temporal das características tróficas dos principais rios da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no Estado de Mato Grosso, utilizando as equação de Índice de Estado Trófico em função da variável fósforo (IET-PT) proposta por Lamparelli (2004), análise de Kruskal Wallis e Análise de Componentes Principais (PCA) para os dados de monitoramento de fósforo total fornecidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT).

ABSTRACT

Brazil has the privilege of housing one of the largest river basins in the world. Law No. 9.433 / 1997 (Water Law) divided the Brazilian territory into 12 Hydrographic Regions - Amazon, Tocantins-Araguaia, West Northeast Atlantic, Parnaíba, East Northeast Atlantic, San Francisco, East Atlantic, Southeast Atlantic, Paraguay, Uruguay, Parana and South Atlantic. In addition to the national division, the states made their own river divisions. The State of Mato Grosso has three important Hydrographic Regions: Amazon, Tocantins-Araguaia and Paraguay. The latter has its hydrological network composed of 36 collection points. Of this total, 17 points are located in the Cuiabá River sub-basin, 6 in the São Lourenço River sub-basin and 13 in the Upper Paraguay River sub-basin. In this sub-basin are the municipalities of Tangará da Serra, Nova Olímpia, Arenápolis, Nortelândia, Denise, Diamantino, Upper Paraguay, Barra do Bugres and Porto Estrela, Cáceres, Lambari d'Oeste, Rio Branco, Salto do Céu, Reserva Cabaçal, Araputanga, Figueiropolis d'Oeste, Gloria d'Oeste, Mirassol d'Oeste, Porto Esperidião, New Marilândia, Santo Afonso, Sao Jose dos Quatro Marcos, Indiavaí, and Jauru. The modernization of the countryside has stimulated a process of intense transformation with regard to the agricultural geographical space of the Upper Paraguay River Sub-basin. The significant socioeconomic development, with intense land use and occupation without obeying a territorial planning, has compromised the fragile balance of the Pantanal ecosystem. Under favorable conditions for surface runoff, chemical elements such as phosphorus and nitrogen are transported to the watercourses enriching the aquatic environment, a process called eutrophication. In this process, phosphorus acts as the causative agent of the process, while chlorophyll-a is considered a measure of the body's response to the causative agent. Eutrophication is a threat to public health and the multiple uses of water resources, in addition to causing economic losses, and toxic gas production. Water bodies are classified as nutrient enrichment into ultraoligotrophic, oligotrophic, eutrophic, mesotrophic, supereutrophic and hypereutrophic. It is necessary to reduce the input of nutrients, both from agricultural production and from industrial and urban areas, to maintain good ecological conditions of the bodies of water that make up the studied area. Thus, the present work aimed to analyze the spatiotemporal variation of the trophic characteristics of the main rivers of the Upper Paraguay River Sub-basin, in Mato Grosso State, using

the trophic state index equation as a function of the phosphorus variable (IET-PT) proposed by Lamparelli (2004), Kruskal Wallis analysis and Principal Component Analysis (PCA) for total phosphorus monitoring data provided by the Mato Grosso State Secretariat of Environment (SEMA-MT).

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Caracterização da área de Estudo	13
2.2. Dados de Monitoramento	16
2.3. Determinação do Índice de Estado Trófico para Fósforo total (IE-PT)..	18
2.4. Análise Estatística dos dados.....	19
3. RESULTADOS	20
4. DISCUSSÃO	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
ANEXO I – Quadros e Tabelas.....	28



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU, EM NÍVEL DE ESPECIALIZAÇÃO, EM INOVAÇÃO E EMPREENDEDORISMO PARA NEGÓCIOS SUSTENTÁVEIS

Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) aplicado na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, em Mato Grosso

CARVALHO, Bethânia de

SOBRENOME, Oalas. A.M.S.

CAMARGO, Janielly, C.

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos - LEI Nº. 9.433/1997 (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. 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. 9.984/2000 e regulamentada pelo Decreto nº. 3.692/2000, 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. 6945/1997), realiza periodicamente, em períodos sazonais distintos, estudos que objetivam avaliar a qualidade das águas superficiais do Estado.

A água é o recurso natural mais importante para a sobrevivência de todos os organismos vivos. O Brasil tem o privilégio de concentrar uma das maiores redes fluviais do mundo. Porém, as práticas não-sustentáveis na agropecuária e a disposição inadequada de dejetos sólidos e líquidos, gerados por atividades domésticas e industriais têm comprometido a qualidade da água para seus múltiplos usos (MACEDO & SIPAÚBA-TAVARES, 2010), (TUCCI, HESPANHOL & CORDEIRO NETTO, 2000). Diante da crescente complexidade destes problemas, 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 (BRASIL, 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 (CUNHA, 2006) O aumento da demanda tem causado forte pressão antrópica sobre os ambientes aquáticos, o que pode provocar crescimento excessivo de plantas inferiores (fictoplâncton), 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 (LAMPARELLI, 2004).

Conhecer a qualidade da água disponível é fundamental para uma boa gestão dos recursos hídricos. Sendo assim, foram desenvolvidos vários índices e indicadores ambientais com base em suas características físico-químicas e biológicas. O uso do Índice de Estado Trófico para Fósforo Total (IET-PT) constitui

metodologia rápida e 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 em função de fósforo. O Índice de Estado Trófico (IET) é calculado pela ponderação entre os valores obtidos para o Índice de Estado Trófico em relação à variável fósforo (IET-PT) e os valores obtidos através da aplicação do índice de estado trófico em relação à concentração de clorofila-a (IET-Cla) para ambientes lóticos, pigmento fotossintético encontrado em organismos fitoplanctônicos. A finalidade do IET é classificar os corpos hídricos, segundo o grau de trofia, em ultraoligotrófico, oligotrófico, eutrófico, mesotrófico, supereutrófico e hipereutrófico, avaliando a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes (LAMPARELLI, 2004). Os resultados correspondentes ao fósforo devem ser entendidos como medida do potencial de eutrofização, já que esse nutriente atua como agente causador do processo, enquanto a clorofila-a é considerada uma medida da resposta do corpo hídrico ao agente causador (LAMPARELLI, 2004) (CETESB, 2009).

É importante controlar a entrada e acumulação de nutrientes nos corpos d'água, pois, quando descarregados em altas concentrações, secundados às boas condições de luminosidade, temperatura e pH, são responsáveis pelo enriquecimento do meio aquático, eutrofização. Pode ocorrer de forma natural ou ser induzido e acelerado pela ação antrópica, 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 (SOUZA, 2014).

Lamparelli (2004) considera a eutrofização um dos um dos mais importantes problemas ambientais e sociais de qualidade da água na atualidade, uma vez que, 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 dos principais rios da Sub-bacia do Alto Paraguai, no Estado de Mato Grosso, em função da variável fósforo total.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área de Estudo

Com uma área de aproximadamente 140.928 km², localizada entre as coordenadas geográficas 14°10' e 17°50'S e 59°30' e 53°20'W, a Sub-bacia do Rio Alto Paraguai 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. Nesta sub-bacia localizam-se os municípios de Tangará da Serra, Nova Olímpia, Arenópolis, 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, Indiavaí, e Jauru (Quadro 1). Na figura 1 é possível localizar os sítios amostrais que compõe a rede de monitoramento hidrológico da SEMA-MT que, para o presente trabalho, foram enumerados de 1 a 13.

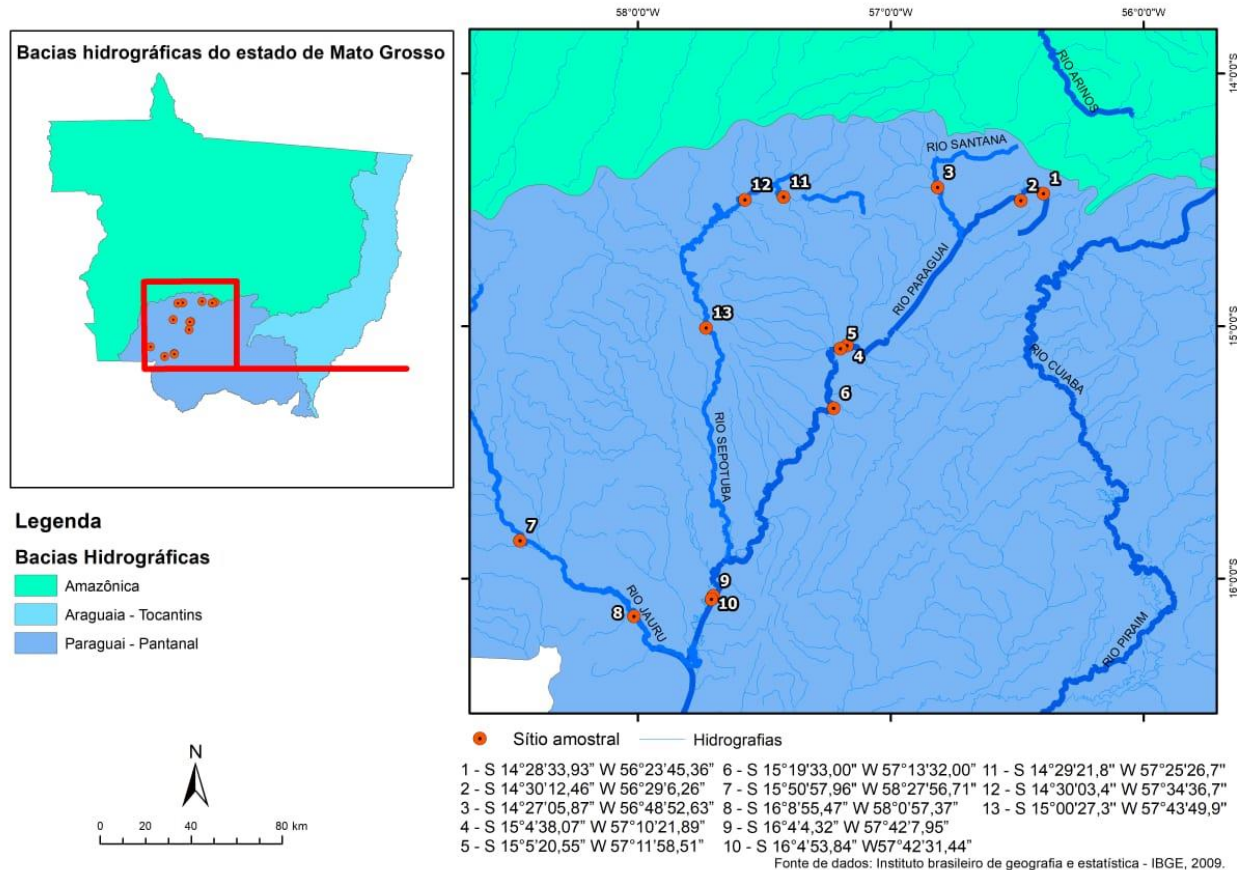
Quadro 1 - Dados dos Municípios que Englobam os Sítios Amostrais

Município	População estimada	Microrregião	Sítio Amostral
Tangará da Serra	101.764	Tangará da Serra	11 e 12
Nova Olímpia	20.034	Tangará da Serra	
Arenópolis,	9.714	Alto Paraguai	
Nortelândia	6.056	Alto Paraguai	3

Denise	9.377	Tangará da Serra	
Diamantino	21.904	Parecis	
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
Porto Estrela	3.050	Tangará da Serra	
Cáceres	98.882	Alto Pantanal	8, 9 e 10
Lambari d'Oeste	6.059	Jauru	
Rio Branco	5.159	Jauru	
Salto do Céu	3.437	Jauru	
Reserva do Cabaçal	2.721	Jauru	
Araputanga	16.690	Jauru	
Figueirópolis d'Oeste	3.537	Jauru	
Glória d'Oeste	3.045	Jauru	
Mirassol d'Oeste	27.536	Jauru	
Porto Esperidião	11.935	Jauru	6 e 7
Nova Marilândia	3.249	Alto Paraguai	
Santo Afonso	3.136	Alto Paraguai	
São José dos Quatro Marcos	18.967	Jauru	
Indiavaí	7.725	Jauru	
Jauru	9.006	Jauru	

Fonte: IBGE, 2008 e IBGE, 2018.

Figura 1 – Localização dos Sítios Amostrais.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

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 em Tangará da Serra e Cáceres, que são os municípios mais populosos da sub-bacia. O Plano de Incentivo a novas empresas, Lei nº 3445/2010 e decreto 363/2010 de 23 de novembro de 2010, tem atraído investimentos importantes para o município de Tangará da Serra, através da isenção de impostos e da doação de terrenos. 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 (UNEMAT, 2012).

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 de planalto 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, deve considerar o planalto adjacente. 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 (SILVA, et al., 2006).

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. 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 costuma 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.

2.2. Dados de Monitoramento

Os dados de fósforo 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 localizado na sub-bacia do Cuiabá, 6 na sub-bacia do Rio São Lourenço e 13 na sub-bacia do Alto Paraguai, a saber: PAR017; PAR41; SAN034; BUG132; PAR237; PAR292; JAU270; JAU389; PAR505; PAR508; SEP086; SEP115; SEP147 (Figura 2),

Todas as estações de coleta estão cadastradas no banco de dados da ANA; os relatórios bianuais com os dados gerados são público e foram consultados no site da ANA/HIDROWEB e no site da própria SEMA/MT.

Figura 2 - Pontos de monitoramento na Região Hidrográfica do Paraguai.



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 líquidos da Cetesb (2011) e APHA (2012). As coletas e suas respectivas análises foram realizadas duas vezes por ano, uma coleta no período chuvoso e outra no período seco, durante os anos de 2015 a 2017. Foi considerado no monitoramento que o período chuvoso estendeu-se de outubro a março e o período de estiagem estendeu-se de abril a setembro (SEMA-MT, 2018).

A forma de amostragem foi do tipo manual, com utilização de recipientes plásticos com volume de um litro. A amostra foi preservada com H₂SO₄ (ácido sulfúrico) e foi processada sem filtrar.

Para as análises do parâmetro Fósforo Total, a SEMA-MT seguiu a metodologia do manual de operação e procedimento DR5000 - Hexis Científica – Método 8190, 2014, equivalente ao método 365.2 USEPA para água superficiais e residuárias. Cujo resultado, em mg.L⁻¹ de PO₄³⁻, deve ser expresso com duas casas decimais. A Faixa de detecção é de 0,06 a 3,5 mg.L⁻¹ PO₄³⁻.

2.3. 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 µg/L;
- ln: logaritmo natural.

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

Critério	Estado Trófico	Características
IET ≤ 47 PT (µg/L) ≤ 13	Ultraoligotrófico	Corpos de água limpos, de produtividade muito baixa e concentrações insignificantes de nutrientes que não acarretam em prejuízos aos usos da água.
47 < IET= 52	Oligotrófico	Corpos d'água limpos, de baixa produtividade, em que não ocorrem interferências indesejáveis sobre os usos da água, decorrentes da

13 < PT ≤ 35		presença de nutrientes.
52 < IET = 59 35 < PT ≤ 137	Mesotrófico	Corpos d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis, na maioria dos casos.
59 < IET = 63 137 < PT ≤ 296	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 < IET = 67 296 < PT ≤ 640	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.
IET > 67 640 < PT	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 conseqüências indesejáveis para seus múltiplos usos, inclusive sobre as atividades pecuárias nas regiões ribeirinhas.

Fonte: CETESB, 2009 e LAMPARELLI, 2004.

2.4. Análise Estatística dos dados

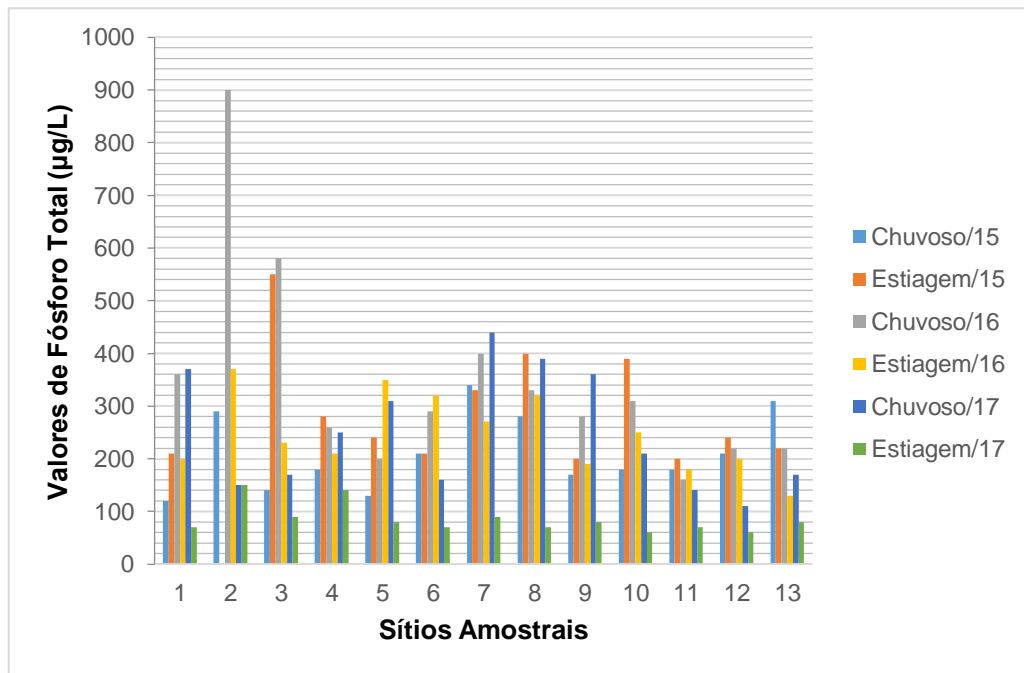
Para verificar se os valores de PT e do IET-PT variram entre os anos e entre as estações foi empregada uma análise de Kruskal Wallis, sendo considerados significativos valores de $p \leq 0,05$. Essa análise foi realizada com auxílio do software PAST 3.25 (Hammer et al., 2001).

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 com auxílio do software PAST 3.25 (Hammer et al., 2001).

3. RESULTADOS

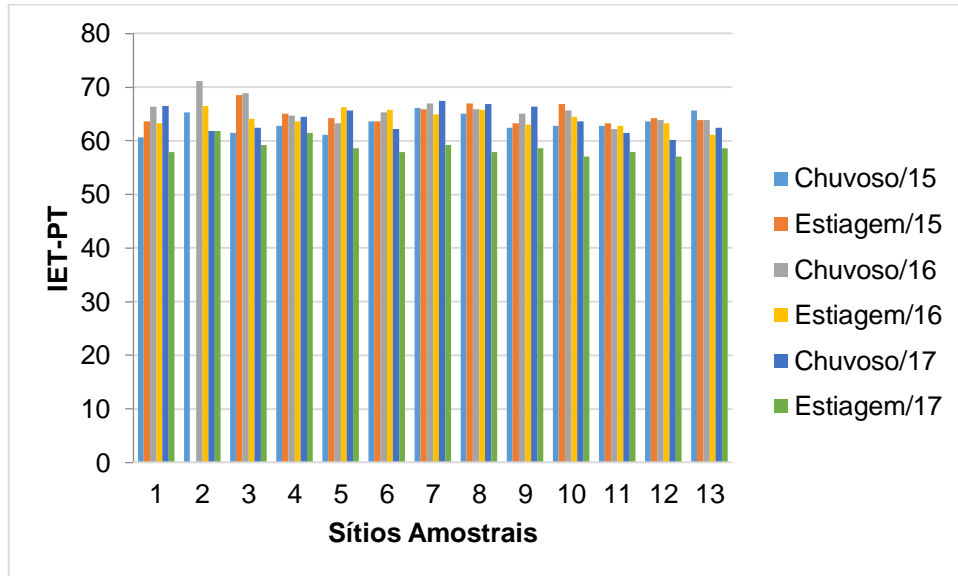
Os dados do monitoramento da qualidade da água realizados pela SEMA-MT, no anos de 2015, 2016 e 2017 na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai dos pontos de amostragens 1 a 13, indicam a variação temporal e espacial do Estado Trófico para fósforo Total durante esse período de amostragem (Tabela 1; Tabela 2; Figura 4 e; Figura 6). Os valores de concentração do fósforo total e os índices de estado trófico para diferentes ponto de amostragem das águas da área de estudo analisada estão Apresentados, respectivamente, nas figuras 3 e 4.

Figura 3 - Variação Espacial e Temporal da concentração de fósforo total, na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no período de três anos hidrológico.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 4 - Variação Espacial e Temporal do Índice de Estado Trófico para Fósforo total, na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai, no período de três anos hidrológicos.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 1 – Classificação da Sub-bacia do Rio Alto Paraguai em função das médias de fósforo total e IET-PT para cada estação, no período de 2015 a 2017.

Sítio Amostral	Estação	PT ($\mu\text{g/L}$)	IET-PT	Classificação
1	Chuvosa	283,3	64,5	Supereutrófico
	Estiagem	160,0	61,5	Eutrófico
2	Chuvosa	446,6	66,0	Supereutrófico
	Estiagem	260,0	64,1	Supereutrófico
3	Chuvosa	296,6	64,2	Supereutrófico
	Estiagem	230,0	63,9	Eutrófico
4	Chuvosa	230,0	63,9	Eutrófico
	Estiagem	210,0	63,3	Eutrófico
5	Chuvosa	213,3	63,3	Eutrófico
	Estiagem	223,3	63,0	Eutrófico
6	Chuvosa	220,0	63,6	Eutrófico
	Estiagem	200,0	62,3	Eutrófico
7	Chuvosa	393,3	66,8	Supereutrófico
	Estiagem	230,0	63,3	Eutrófico

8	Cuvosa	333,3	65,9	Supereutrófico
	Estiagem	263,3	63,5	Eutrófico
9	Cuvosa	270,0	64,6	Supereutrófico
	Estiagem	156,6	61,6	Eutrófico
10	Cuvosa	233,3	63,9	Eutrófico
	Estiagem	233,3	62,7	Eutrófico
11	Cuvosa	160,0	62,1	Eutrófico
	Estiagem	150,0	61,3	Eutrófico
12	Cuvosa	180,0	62,5	Eutrófico
	Estiagem	166,6	61,5	Eutrófico
13	Cuvosa	233,3	63,9	Eutrófico
	Estiagem	143,3	61,1	Eutrófico

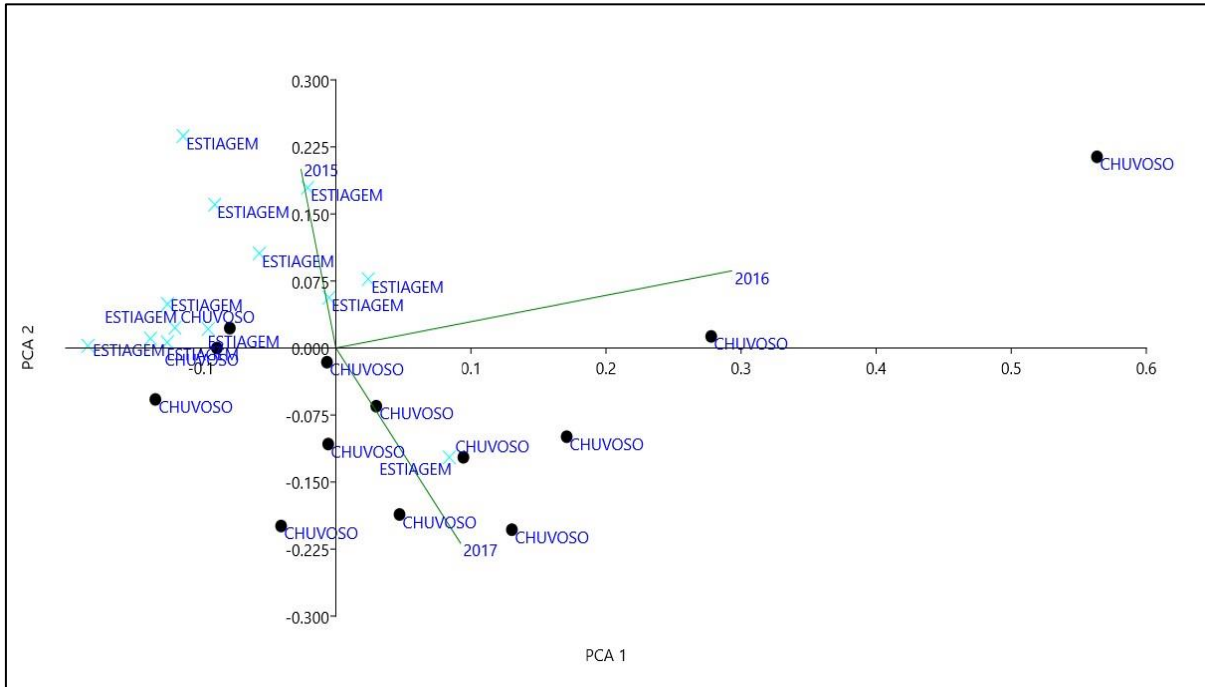
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Tabela 2 – Resultado da Análise de Componentes Principais – PCA realizada com os resultados de fósforo total e do índice de estado trófico da bacia tal, 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

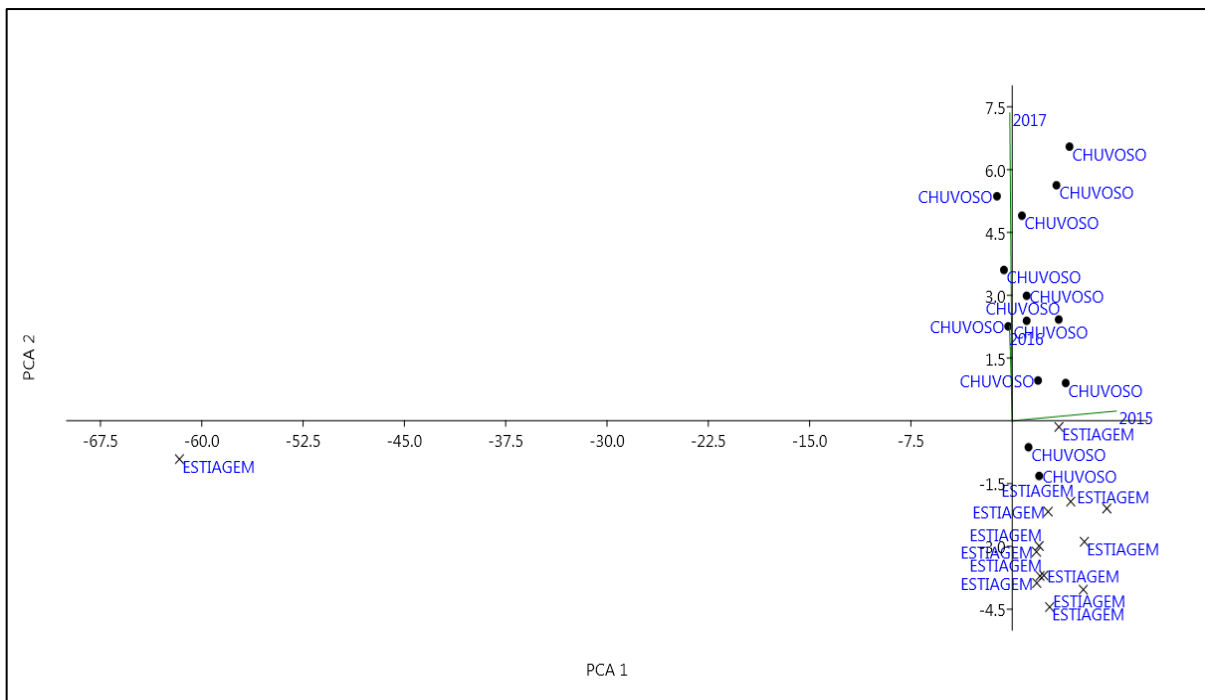
Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 5 - Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os resultados de fósforo total da bacia tal, no período de 2015 a 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Figura 6 - Análise de Componentes Principais (PCA) utilizando os resultados do índice de estado trófico da bacia tal, no período de 2015 a 2017.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

4. 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).

Todos os resultados de obtidos junto à SEMA-MT foram convertidos pra a equação de IET-PT para ambientes lóticos, modificada por Lamparelli (2004), e posteriormente analisadas com a tabela de resultados do IET (Tabela 1) e verificou-se que os resultados dos dados de fósforo obtidos junto à SEMA-MT, nos anos 2015, 2016 e 2017, para os sítios de amostragens apresentaram nos período chuvoso e na estiagem, um estado de trófico de Eutrófico a Supereutrófico. Foi empregada uma análise de Kruskal Wallis, onhecida também como ANOVA byrankstest. confirmando a hipótese de que várias amostras têm a mesma distribuição.

Nos resultados analisados para a maioria das estações de amostragem foi possível identificar níveis mais elevados de Fósforo Total (Figura 3) e IET-PT (Figura 4) 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. Exceto o sítio amostral 2, localizado no município de Alto Paraguai, que na estiagem do ano de 2015 não teve seu valor de fósforo total divulgado.

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 fosforo 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 índice de estado trófico (Tabela 2; Figuras 5 e 6). 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 5). Com relação ao Índice de estado trófico, os dois primeiros eixos da PCA realizada com 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 6).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As águas drenadas em áreas agrícolas e urbanas podem provocar a presença excessiva de fósforo em águas naturais. Além do esgoto sanitário outros tipos de efluentes industriais como os de indústrias de fertilizantes, pesticidas, químicas em geral, conservas alimentícias, abatedouros, frigoríficos e laticínios, apresentam fósforo em quantidades excessivas (CETESB, 2009). Conforme Smith & Schindler (2009), é preciso reduzir o aporte de nutrientes, tanto os provenientes da produção agrícola quanto os de áreas industriais e urbanas, para se manter boas condições ecológicas do corpo d'água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 9433, de 08 de janeiro de 1997. Dispões sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 05 set. 2018.

BRASIL. Lei nº 9984, 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, 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9984.htm>. Acesso em: 06 de jul. de 2018.

BRASIL. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2013) **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA. 432 p. Acesso em: <<http://www3.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos>>. 28 de março de 2018

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.

CUNHA, J. M. P. Da.. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População. Associação Brasileira de Estudos Populacionais**, v. 23, n. 1, p. 87-107, 2006.

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.

MACEDO, C. F.; SIPAÚBA-TAVARES, L. H.. Eutrofização e Qualidade da Água na Piscicultura:: Consequências e Recomendações. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, p.149-163, nov. 2010. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/36_2_149-163rev.pdf>. Acesso em: 20 de jun. 2019.

MATO GROSSO, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA, (2018) 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.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento SEPLAN. Regiões de Planejamento de Mato Grosso: 2017. Cuiabá, MT, 2017. 245 p. Organizadores: Antônio Abutakka; Elienai Carrias da Silva; Vallência Maira Gomes.

PERES, R. B.; SILVA, R. S. da. 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, 2010. Disponível em: <<http://anppas.org.br/encontro5/cd/artigos/GT3-647-646-20100903160334.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

PERFIL Socioeconômico de Tagngará da Serra 2011/2012. UNEMAT, 2012. Disponível em: < http://www2.unemat.br/nepec/perfil_tangara/economia.html>. Acesso em: 12 de abr. 2018.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? *Trends in Ecology and Evolution* 24: 201-207. 2009

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de 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.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. de M.; Silva, A. M. da; Cunha, L. S. Estado da arte do mapeamento da vegetação no Pantanal brasileiro. **Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e sistemas de Informações Geográficas Aplicados à Engenharia Florestal 7**. Curitiba, 17 a 19 de out. de 2006.

ANEXO I – Quadros e Tabelas

Tabela A- Resultados de Fósforo Total obtidos no monitoramento da Sub-bacia do Alto Paraguai tendo como referência a Resolução CONAMA 357/2005 e o Índice de Qualidade da Água (NSF).

Fósforo Total (mg/L P)							
Sítio Amostral	MESES						LIMITE CONAMA
	Chuvoso/15	Estiagem/15	Chuvoso/16	Estiagem/16	Chuvoso/17	Estiagem/17	
1	0,12	0,21	0,36	0,20	0,37	0,07	≤ 0,10
2	0,29	0,00	0,90	0,37	0,15	0,15	≤ 0,10
3	0,14	0,55	0,58	0,23	0,17	0,09	≤ 0,10
4	0,18	0,28	0,26	0,21	0,25	0,14	≤ 0,10
5	0,13	0,24	0,20	0,35	0,31	0,08	≤ 0,10
6	0,21	0,21	0,29	0,32	0,16	0,07	≤ 0,10
7	0,34	0,33	0,40	0,27	0,44	0,09	≤ 0,10
8	0,28	0,40	0,33	0,32	0,39	0,07	≤ 0,10
9	0,17	0,20	0,28	0,19	0,36	0,08	≤ 0,10
10	0,18	0,39	0,31	0,25	0,21	<0,06	≤ 0,10
11	0,18	0,20	0,16	0,18	0,14	0,07	≤ 0,10
12	0,21	0,24	0,22	0,20	0,11	<0,06	≤ 0,10
13	0,31	0,22	0,22	0,13	0,17	0,08	≤ 0,10

Fonte: SEMA-MT (2018).

Tabela B- Resultados de Índice de Estado Tráfico obtidos no monitoramento da Sub-bacia do Alto Paraguai tendo como referência a Resolução CONAMA 357/05 e o Índice de Qualidade da Água (NSF).

IET-PT						
Sítio Amostral	MESES					
	Chuvoso/15	Estiagem/15	Chuvoso/16	Estiagem/16	Chuvoso/17	Estiagem/17
1	60,66480614	63,57128386	66,37067115	63,31788228	66,51297326	57,86541886
2	65,24767272	0	71,12961229	66,51297326	61,82374729	61,82374729
3	61,46541886	68,57183611	68,84767272	64,04376418	62,47380737	59,17067115
4	62,77067115	65,06541886	64,68052413	63,57128386	64,47682342	61,46541886
5	61,08052413	64,26480614	63,31788228	66,22436	65,59404786	58,55894114
6	63,57128386	63,57128386	65,24767272	65,75894114	62,15894114	57,86541886
7	66,07380737	65,91875997	66,91788228	64,87653615	67,41289497	59,17067115
8	65,06541886	66,91788228	65,91875997	65,75894114	66,78638913	57,86541886
9	62,47380737	63,31788228	65,06541886	63,05148019	66,37067115	58,55894114
10	62,77067115	66,78638913	65,59404786	64,47682342	63,57128386	57,06480614
11	62,77067115	63,31788228	62,15894114	62,77067115	61,46541886	57,86541886
12	63,57128386	64,26480614	63,81289497	63,31788228	60,21289497	57,06480614
13	65,59404786	63,81289497	63,81289497	61,08052413	62,47380737	58,55894114

Fonte: SEMA-MT (2018).

Quadro A - Descrição dos pontos de monitoramento na Sub-bacia do Rio Alto Paraguai

Sub-bacia	Rio	Nome da Estação	Município	Código do ponto	Coordenadas
Paraguai	Paraguai	Jusante UHE	Alto Paraguai	PAR017	S 14°28'33,93" W 56°23'45,36"
	Paraguai	Ponte em Alto Paraguai	Alto Paraguai	PAR41	S 14°30'12,46" W 56°29'6,26"
	Santana	Nortelândia	Nortelândia	SAN034	S 14°27'05,87" W 56°48'52,63"
	Bugres	Montante Foz Paraguai	Barra do Bugres	BUG132	S 15°4'38,07" W 57°10'21,89"
	Paraguai	Jus. Barra do Bugres	Barra do Bugres	PAR237	S 15°5'20,55" W 57°11'58,51"
	Paraguai	Porto Estrela	Porto Estrela	PAR292	S 15°19'33,00" W 57°13'32,00"
	Jauru	Porto Espiridião	Porto Espiridião	JAU270	S 15°50'57,96" W 58°27'56,71"
	Jauru	Ponte em Porto Limão	Cáceres	JAU389	S 16°8'55,47" W 58°0'57,37"
	Paraguai	Montante Cáceres	Cáceres	PAR505	S 16°4'4,32" W 57°42'7,95"
	Paraguai	Jusante Cáceres	Cáceres	PAR508	S 16°4'53,84" W 57°42'31,44"
	Rio Sepotuba	Ponte de acesso a Pecuama	Tangará da Serra	SEP086	S 14°29'21,8" W 57°25'26,7"
	Rio Sepotuba	Ponto de acesso a Faz. Santa Helena	Tangará da Serra	SEP115	S 14°30'03,4" W 57°34'36,7"
	Rio Sepotuba	Ponte Distrito de Nova Fernandópolis	Distrito de Nova Fernandópolis	SEP147	S 15°00'27,3" W 57°43'49,9"

Fonte: SEMA-MT (2018).