

# DINÂMICA HIDROLÓGICA, CONECTIVIDADE E VARIABILIDADE DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NO BAIXO CURSO DO RIO DO PEIXE, OESTE PAULISTA, BRASIL

Paulo César ROCHA<sup>1</sup>

Larissa Barcelos CAMPOS<sup>2</sup>

Pâmela NG<sup>3</sup>

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo identificar e analisar a distribuição espacial da cobertura vegetal, através do índice de vegetação, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), em ambientes de planície fluvial do baixo curso do rio do Peixe, baseado na sua dinâmica hidrológica e aspectos de conectividade no sistema rio-planície-fluvial. A área específica de estudos está contida nos domínios dos depósitos aluvionares do baixo curso do rio do Peixe. Nesta área está o Parque Estadual do Rio do Peixe – PERP. Na bacia de drenagem, há intenso uso de pastagens e cana de açúcar. O trecho extremo oeste do rio está alagado pelo reservatório da UHE Porto Primavera (rio Paraná) deste 2001. Para desenvolvimento do trabalho, foram obtidas imagens a partir dos satélites Landsat-5 Landsat 7 e Landsat-8, tratadas através de técnicas de geoprocessamento e tratamento digital de imagens orbitais, utilizando-se um sistema de informação geográfica (SIG). Foram elaborados mapas temáticos a partir da aplicação do NDVI, que auxiliou na interpretação e compreensão da alternância de áreas úmidas e/ou com cobertura vegetal. Foi possível verificar que durante períodos com águas mais altas no rio, a vegetação de maior biomassa ficou mais desenvolvida em detrimento da vegetação de menor biomassa, que tendeu a diminuir após o início de operação da UHE Porto Primavera.

**Palavras-chave:** Sistema Rio-Planície Fluvial. Morfologia Fluvial. Conectividade. Índice de Biomassa NDVI. Rio do Peixe.

---

<sup>1</sup> Professor da FCT/UNESP, *campus* de Presidente Prudente.

<sup>2</sup> Graduação em Engenharia Ambiental pela FCT/UNESP, *campus* de Presidente Prudente.

<sup>3</sup> Graduação em Engenharia Ambiental pela FCT/UNESP, *campus* de Presidente Prudente.

## **HYDROLOGICAL DYNAMICS, CONNECTIVITY AND VARIABILITY OF THE VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE LOW COURSE OF PEIXE RIVER, WEST OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL**

### **ABSTRACT**

This study aimed to identify and analyze the spatial distribution of vegetation cover, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), in river plain environments of the lower course of the Peixe River, based on its hydrological dynamics and aspects of connectivity in the river-plain-river system. The specific area of study is contained in the alluvial deposits of the lower course of the Peixe River. In this area is the Rio do Peixe State Park (PERP). In the drainage basin, there is intense use of pastures and sugar cane. The western stretch of the river is flooded by the reservoir of the Hydroelectric Power Plant of Porto Primavera (Paraná River) since 2001. For the development of this research, images were obtained from the satellites Landsat-5 Landsat 7 and Landsat-8, treated through geoprocessing techniques and digital processing of orbital images, using a geographic information system (GIS). Thematic maps were prepared from the application of the NDVI, which helped in the interpretation and understanding of the alternation of wetlands and/or with vegetation cover. It was possible to verify that during periods with higher waters in the river, the vegetation with higher biomass was more developed and there was a decrease in the vegetation with lower biomass after the start of operation of Porto Primavera dam.

**Keywords:** River-Plain System. River Morphology. Connectivity. Biomass Index NDVI. Peixe River.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema rio-planície de inundação consiste em um complexo de morfologias e ecossistemas, que são interligados durante as fases de inundação, permanecendo mais ou menos individualizados quando a água volta ao seu canal principal. Dessa forma, entende-se que há conexão entre os ambientes aquáticos e terrestres, por meio de interações hidrodinâmicas e biológicas. Neiff (1990) define conectividade como uma condição de transferência de organismos, matéria e energia entre o curso do rio e sua planície de inundação. Segundo Thomaz et al. (1997), os ecossistemas da planície de inundação podem ser intensamente alterados, permanecendo diferenciados durante a fase de águas baixas, e mais similares entre si durante a fase de inundação. Todavia com o decorrer dos anos estas áreas sofrem constantes alterações de natureza climáticas e antropológicas, gerando alterações no índice de vazão e nível do rio.

As características topográficas determinam diferentes magnitudes para tais fatores nas fases de inundação, o que irá estabelecer diferentes graus de conectividade entre a planície e o rio. Os pulsos de inundação têm importância no entendimento funcional destes sistemas, em termos de frequência, intensidade, tensão, recorrência, amplitude e estacionariedade (JUNK, 1989). Os pulsos de inundação possuem um alto grau de dinamismo geomorfológico, determinado pelos processos de erosão e sedimentação, que acarretam como consequência desses processos uma paisagem constantemente modificada, o que interfere diretamente nos processos de sucessão ecológica daquela área (ESTEVES, 1998).

O índice de vegetação, conhecido como NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) auxilia na interpretação de produtos do sensoriamento remoto com resultados importantes para compreensão da alternância de áreas ora úmidas ora com cobertura vegetal em sistemas rio-planície de inundação. O NDVI é uma aplicação dos processos de realce por operações matemáticas entre bandas de sensores satelitários e é muito utilizado na estimação de biomassa e de cobertura vegetal (SHIMABUKURO, 1998). A partir do NDVI é possível determinar a densidade de fitomassa foliar fotossinteticamente ativa por unidade de área (quanto maior este índice de vegetação, mais densa é a fitomassa verde).

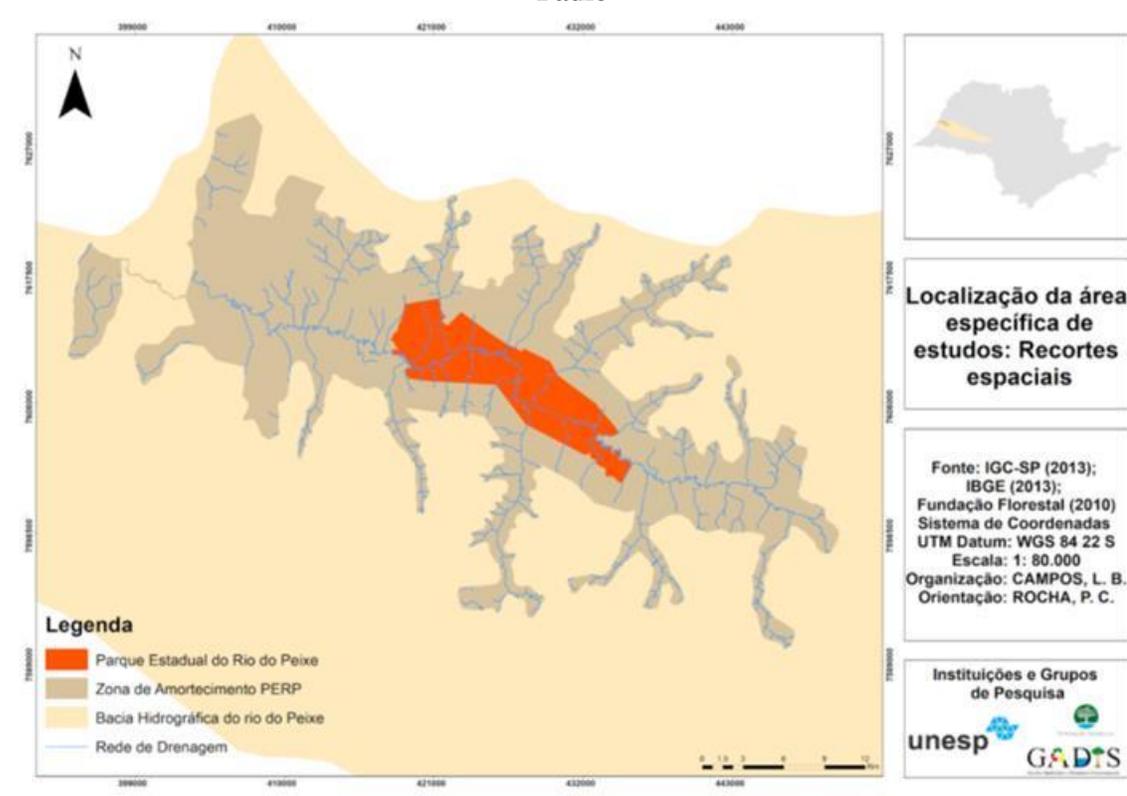
A área de interesse do estudo localiza-se no Oeste do Estado de São Paulo, na bacia hidrográfica do Rio do Peixe, na região do baixo curso do rio Principal (Figura 1). No baixo curso do rio do Peixe está localizado o Parque Estadual do Rio do Peixe (PERP), que é uma unidade de

conservação estadual, criada pelo Decreto Estadual no 47.095, de 18 de setembro de 2002 (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2012) com área de aproximadamente 7.720,000 hectares e abrange territórios dos municípios de Ouro Verde, Dracena, Presidente Venceslau e Piquerobi. Esta área tem sido influenciada pela operação do reservatório da Usina Hidrelétrica Sérgio Mota (UHE. Porto Primavera).

A área específica de estudos está contida nos domínios dos depósitos aluvionares do baixo curso do rio do Peixe. Nesta área está o Parque Estadual do Rio do Peixe – PERP e a Zona de Amortecimento.

O clima na região caracteriza-se por clima tropical quente e úmido (com chuvas de verão), e com 1 a 2 meses de estação seca (inverno). Próximo ao rio Paraná, a umidade relativa do ar é maior (NIMER, 1977). De acordo com o Plano de Manejo do PERP, a temperatura média anual é superior a 18°C.

**Figura 1 - Mapa da localização da área de estudos. Baixo curso do rio do Peixe no Estado de São Paulo**



Fonte: Campos; Ng (2019).

Segundo a classificação IBGE, a vegetação original da região corresponde ao tipo floresta estacional semidecidual, um dos sub-tipos do domínio da Mata Atlântica ou Domínio Morfoclimático Atlântico (AB' SABER, 1977). De acordo com o Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio do Peixe, a vegetação original predominante é floresta estacional semidecidual.

Nas áreas adjacentes à planície de inundação e fora dos limites do PERP, as pastagens dominam a paisagem, com substituição por canais que tem se elevado ao longo do tempo. Em menor escala, podem ser observados fragmentos de matas dispersos. Áreas de cobertura vegetal natural representam apenas 4,72% da ocupação do solo da UGRHI 21, sendo que na área do PERP há maior ocorrência da Floresta Estacional Semidecidual e Formações arbóreas/arbustivas (CBH-AP, 2019).

Com a instalação da Usina Hidrelétrica Sérgio Motta (também chamada de Usina Porto Primavera) e seu respectivo reservatório, têm-se como hipótese a ocorrência de mudanças na hidrologia do sistema fluvial em função do remanso do reservatório se estender até parte do baixo curso do rio do Peixe. É possível que tenha havido importantes alterações na distribuição da biomassa da vegetação ripária e sua biodiversidade de fauna e flora. Essas mudanças podem estar modificando os padrões de conectividade do sistema rio-planície fluvial (MORAES et al., 2016; ROCHA; SANTOS, 2018; SANTOS; ROCHA, 2019). Segundo a Companhia Energética de São Paulo (CESP, 2019), a primeira etapa do enchimento do reservatório, na cota 253,00 metros, foi concluída em dezembro de 1998, um ano antes da sua inauguração. E a segunda etapa, na cota 257,00 metros, em março de 2001.

Considerando a elevação nos níveis do rio Paraná, e a criação do remanso do reservatório junto à foz do rio do Peixe como importante alteração nos níveis hidrométricos, e considerando níveis de cheia do rio do Peixe que alagam sua planície fluvial, este estudo tem como objetivos, analisar as variações temporais dos índices de vegetação (NDVI) durante as águas altas em períodos anterior e posterior à implantação do reservatório da UHE Porto Primavera, em diferentes unidades morfológicas do sistema rio-planície-fluvial, na área do PERP e na sua zona de amortecimento, de forma que possa contribuir na análise de conectividade no sistema rio-planície-fluvial e na gestão ambiental da unidade de conservação.

## 2 PROCEDIMENTOS E MATERIAIS

Para atingir os objetivos, foram estudados o comportamento hidrológico do rio, com análise sazonal das vazões em diferentes períodos antes e depois do início da operação de Porto Primavera. Concomitantemente foram analisadas as morfologias do relevo que integram a área do baixo curso do rio do Peixe e nos limites do PERP. Em seguida foram mapeadas as coberturas da terra em datas representativas quanto à sazonalidade do regime hidrológico, antes e depois da operação da UHE, que serviram para a extração dos índices de vegetação (NDVI). Ao fim, foram avaliadas as diferenças de comportamento da biomassa vegetal nos diferentes períodos hidrológicos estudados.

Para o estudo hidrológico, foi utilizada a estação fluviométrica de Flórida Paulista (Código 63805000) do Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) disponível no Sistema de Informação de Gestão de Recursos Hídricos de São Paulo (SIGRH-SP), no banco de dados hidrológicos, com série de dados disponíveis abrangendo o período anterior e posterior à operação do reservatório de Porto Primavera, a estação de fluviométrica Estrada de Quatá (Código 63710000) da ANA - plataforma HIDROWEB, entre os anos de 1978 a 2014. As médias de vazão mensais de períodos hidrológicos identificados foram analisadas em gráfico de dados diários, média mensal e média anual. As médias anuais foram utilizadas para a verificação de períodos hidrológicos condicionados pela variabilidade climática. Os dados mensais, para apontamento dos meses mais relevantes para o estudo de sazonalidade das vazões de cheia e vazante. Os dados diários para análise antecedente às datas das imagens de satélite utilizadas. Neste artigo, optou-se pelo estudo durante o período de águas altas (cheia), período que o sistema fluvial se conecta com sua planície de inundação com maior intensidade.

O levantamento das morfologias do sistema fluvial aluvial do rio do Peixe foi compilado de produtos anteriormente elaborados por estudos nesta região. Tais dados foram interpretados em conjunto com levantamento de campo e análise do regime hidrológico. Para tanto foi utilizado o mapeamento efetuado por Morais (2015), Morais e Rocha (2016) e Manoel (2016) juntamente à Carta Geomorfológica do Estado de São Paulo, escala 1:500.000 (ROSS; MOROZ, 1997).

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra e aplicação do índice de vegetação NDVI foram seguidas as seguintes etapas: Aquisição de dados orbitais, geração de mosaico de imagens, correção atmosférica, elaboração da melhor composição colorida e realce, processamento digital

de imagens, análise espaço-temporal e do uso e cobertura da terra, classificação da imagem, aplicação do NDVI.

Para a identificação dos padrões de conectividade do rio com os padrões vegetacionais, foram identificadas e analisadas as variações das imagens de NDVI geradas. Para isso, foi criado um algoritmo que eliminasse os intervalos NDVI negativos e facilitasse a interpretação da imagem após a diferença operada entre as cenas. O algoritmo desenvolvido segue abaixo (Equação 1) e foi aplicado nas imagens em ambiente GIS.

$$V \text{ ar. imagem} = (IS + 2) - (IC + 2) \quad (1)$$

Sendo:

IS = Imagem NDVI do período de seca;

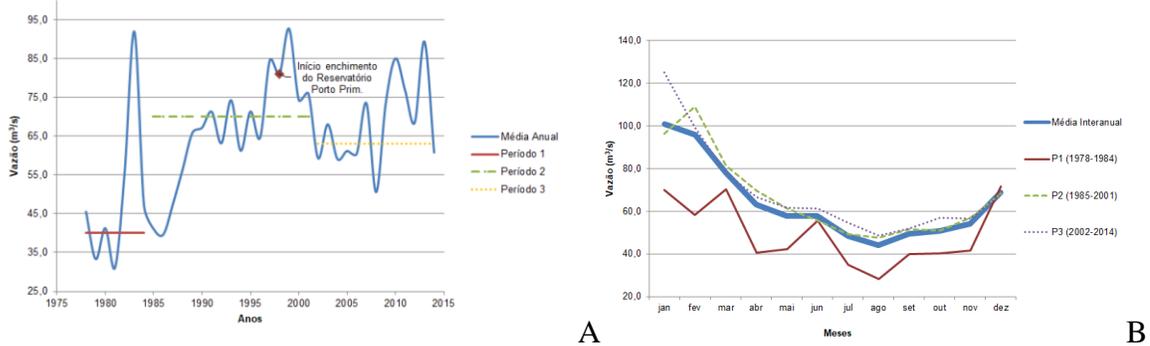
IC = Imagem NDVI do período de cheia.

As imagens da época de cheia escolhidas foram as das datas 26/02/1993 (vazão: 120,5 m<sup>3</sup>/s) período anterior ao início de operação da UHE Porto Primavera, e de 26/01/2002 (vazão: 129,4 m<sup>3</sup>/s), logo após o enchimento do reservatório na cota 255m. A escolha das imagens foi ponderada em relação ao regime de cheia antes e depois da operação do reservatório da UHE Porto Primavera e a disponibilidade das imagens com qualidade. Procurou-se nas imagens de cheia as datas em que a diferença no comportamento hidrológico fosse pequena, estando o rio no mesmo regime (cheia).

Aumento nos valores de NDVI comparando as imagens avaliadas antes e depois da implantação da UHE Porto Primavera, denotam maior conectividade da biomassa de vegetação nos subsistemas. Diminuição denota o contrário.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A série de dados hidrológicos está apresentada na Figura 2. Foram identificados períodos hidrológicos ao longo da série analisada, conforme também apresentado por Rocha e Andrade (2012) e Andrade (2014) e Rocha e Santos (2018) em estudos acerca do regime hidrológico do rio do Peixe. A Figura 2B apresenta as variações no regime sazonal entre os períodos.

**Figura 2 - Períodos hidrológicos e variabilidade das vazões médias anuais - Rio do Peixe**

Fonte: Campos; Ng (2019).

Os resultados desta análise hidrológica sazonal, apresentados na Figura 2, apontam que ambas as imagens estão em períodos hidrológicos com características próximas e foram obtidas em datas com a vazão do rio com valores também muito próximos, como apontados anteriormente, garantindo um bom delineamento para a amostragem da cobertura da terra e índices NDVI. Vazões acima de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  estão acima do intervalo de 1,58 anos de recorrência, considerado como regime de margens plenas, o que permite o alagamento parcial ou total da planície.

A análise das unidades morfológicas identificadas nos estudos realizados por Manoel (2016), Morais (2015) e Morais et al. (2020) permitiu a análise da dominância das morfologias na área de estudos, nos limites do PERP e na zona de amortecimento (Tabela 1 e Figura 4).

**Tabela 1 - Ocorrência das morfologias do relevo na área de estudo**

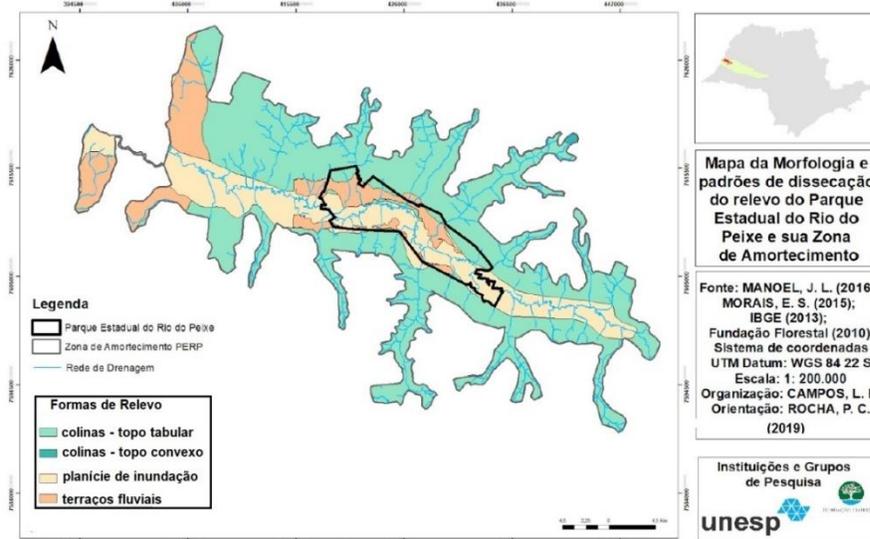
Morfologia do relevo	Área (ha.)		
	Parque Estadual do Rio do Peixe	Zona de Amortecimento	Parque + Zona de amortecimento
Terraço aluvial	2.119,25	6.511,94	8.631,19
Planície aluvial	4.086,61	10.086,67	14.173,28
Colinas com topo tabular	1.502,33	41.179,18	42.681,51
Colinas com topo convexo	-	100,03	100,03
<b>Área total (ha.)</b>	<b>7.708,19</b>	<b>57.877,82</b>	<b>65.586,01</b>

Fonte: Campos; Ng (2019).

A partir do esboço da morfologia do relevo foi possível identificar as unidades ocorrentes na área de estudo. Observou-se que na zona de amortecimento do PERP dominam as unidades de colinas com topos tabulares. Na área interna do PERP, dominam as planícies aluviais (Tabela 1).

Após o processamento digital das imagens, foi aplicado o índice de vegetação normalizada (NDVI) e gerados os produtos cartográficos, destacando os resultados para as áreas dos compartimentos geomorfológicos previamente identificados. A Figura 5 apresenta o Mapa de NDVI referente ao mês de fevereiro do ano de 1993, caracterizando o período de cheia/águas altas, anterior à operação do reservatório de Porto Primavera. A Tabela 2 apresenta a ocorrência das classes de NDVI em cada morfologia do relevo.

**Figura 4 - Mapa esboço da morfologia do relevo em conjunto com os índices de dissecação do relevo no Parque Estadual do Rio do Peixe e sua Zona de amortecimento**



Fonte: adaptado de Campos; Ng (2019).

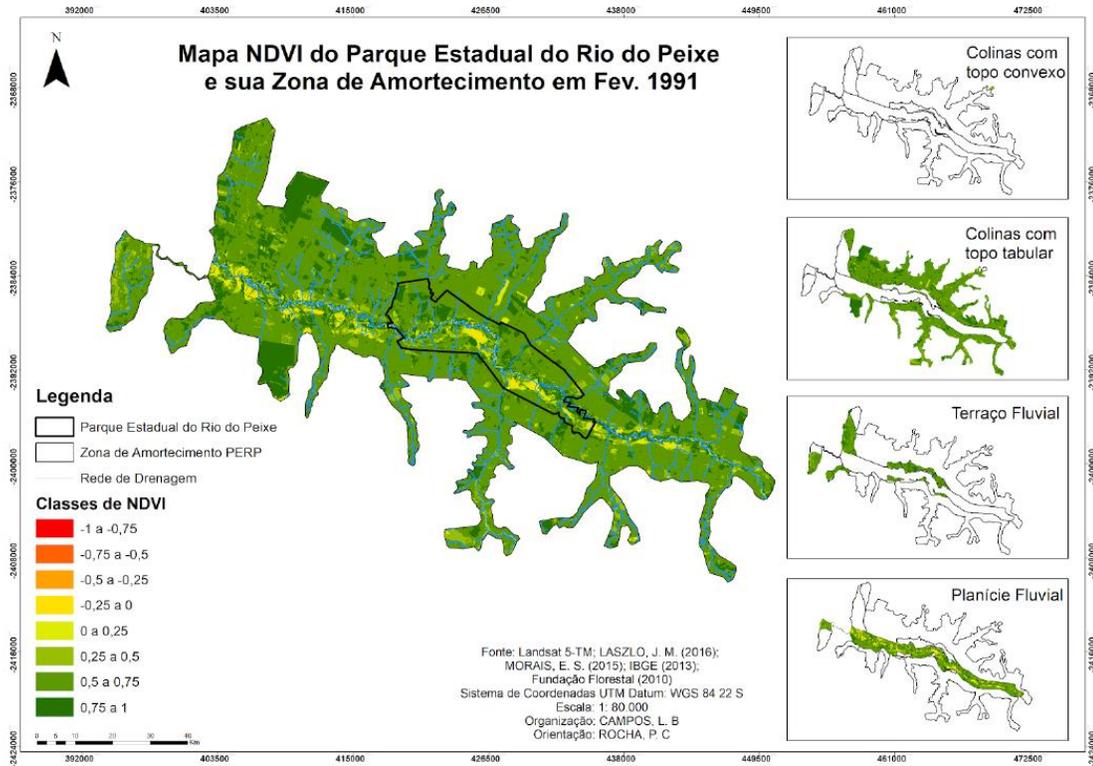
Analisando os dados da Tabela 2, observa-se que a classe de NDVI 0,5 a 0,75 foi predominante neste período em todas as morfologias.

**Tabela 2 - Ocorrência das Classes de NDVI em cada Morfologia do relevo em Fev/1993**

Morfologia do relevo	Colinas com	Colinas com	Planície	Terraço	Área total
Classes de NDVI	topo tabular	topo convexo	Fluvial	Fluvial	(ha.)
-1 a -0,75	-	-	-	-	-
-0,75 a -0,5	-	-	-	-	-
-0,5 a -0,25	0,45	-	0,56	-	1,01
-0,25 a 0	5,82	-	425,20	3,23	434,25
0 a 0,25	272,42	-	1.218,54	51,23	1.542,20
0,25 a 0,5	1.427,88	-	2.305,35	650,61	4.383,84
0,5 a 0,75	33.772,35	92,25	8.052,50	7.070,32	48.987,42
0,75 a 1	7.190,61	7,04	2.181,31	858,32	10.237,29
<b>Área total (ha.)</b>					<b>65.586,01</b>

Fonte: Campos; Ng (2019).

**Figura 5 - Mapa NDVI para fevereiro de 1993 no Parque Estadual do Rio do Peixe e sua Zona de Amortecimento e em destaque a ocorrência em cada morfologia do relevo**



Fonte: Campos; Ng (2019).

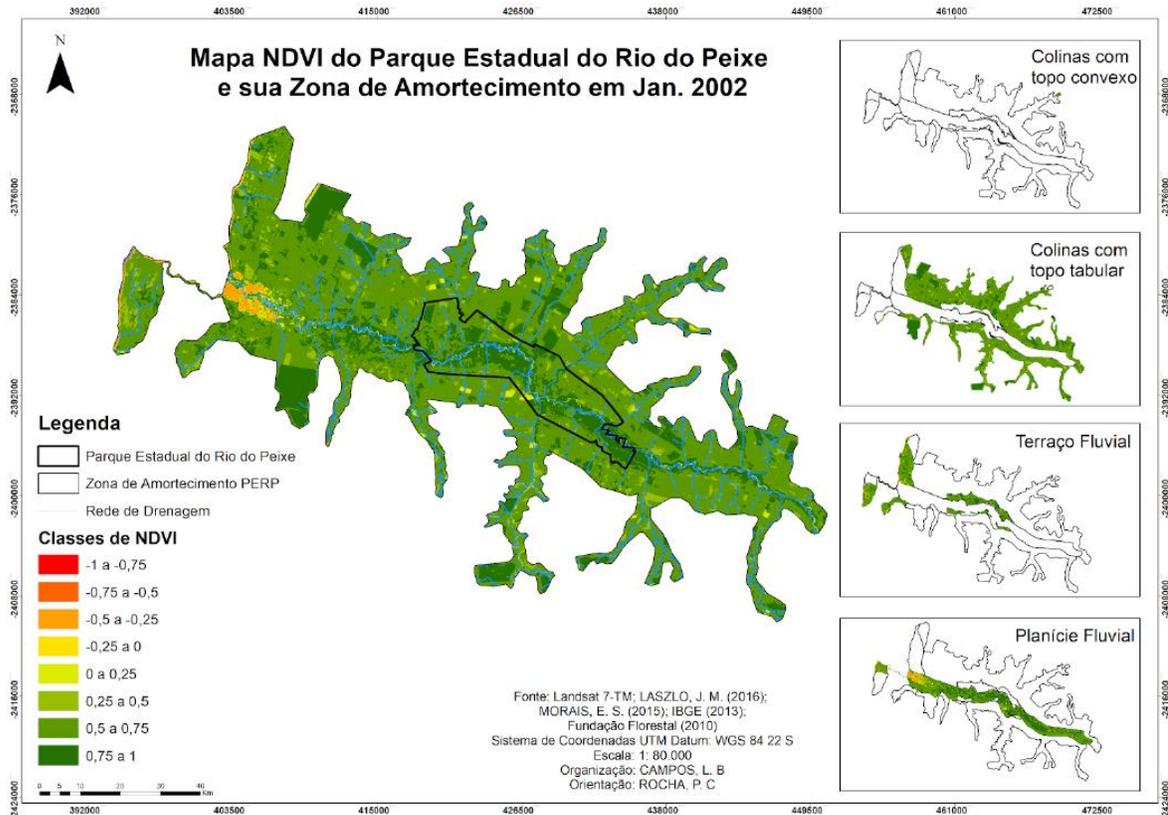
A Figura 6 apresenta o Mapa de NDVI referente ao mês de janeiro de 2002, caracterizando o período de cheia/águas altas, posterior à operação do reservatório de Porto Primavera. A Tabela 3 apresenta a ocorrência das classes de NDVI em cada morfologia do relevo.

Em período de cheia no ano de 2002, após o enchimento do reservatório de Porto Primavera, verifica-se que na região próxima à foz do rio do Peixe houve alterações na coloração apresentada no mapa comparado aos mapeamentos anteriores. Surge a presença de colorações indicativas de intervalos NDVI negativos, que estão altamente associados à presença de corpos hídricos. Esta alteração pode estar relacionada ao reservatório de Porto Primavera, visto que o barramento pode ter alterado o fluxo e dinâmica fluvial do rio do Peixe, aumentando as margens do rio em sua foz.

Por se tratar de um período de cheia, a vegetação ao longo do rio do Peixe apresenta-se destacada em tons escuros de verde, relacionados à alta atividade fotossintética devido à umidade e, conseqüentemente, fertilidade dos solos. Contudo, todos os compartimentos geomorfológicos apresentaram predominância no intervalo entre 0,5 a 0,75 (Tabela 3). Nas colinas com topo tabular e de topo convexo predominava cultura temporária; na planície fluvial a grande maioria dos valores

encontrados estão em áreas de formação aluvial e na região de terraço dominava formações florestais.

**Figura 6 - Mapa NDVI para janeiro de 2002 no Parque Estadual do Rio do Peixe e sua Zona de Amortecimento e em destaque a ocorrência em cada morfologia do relevo**



Fonte: Campos; Ng (2019).

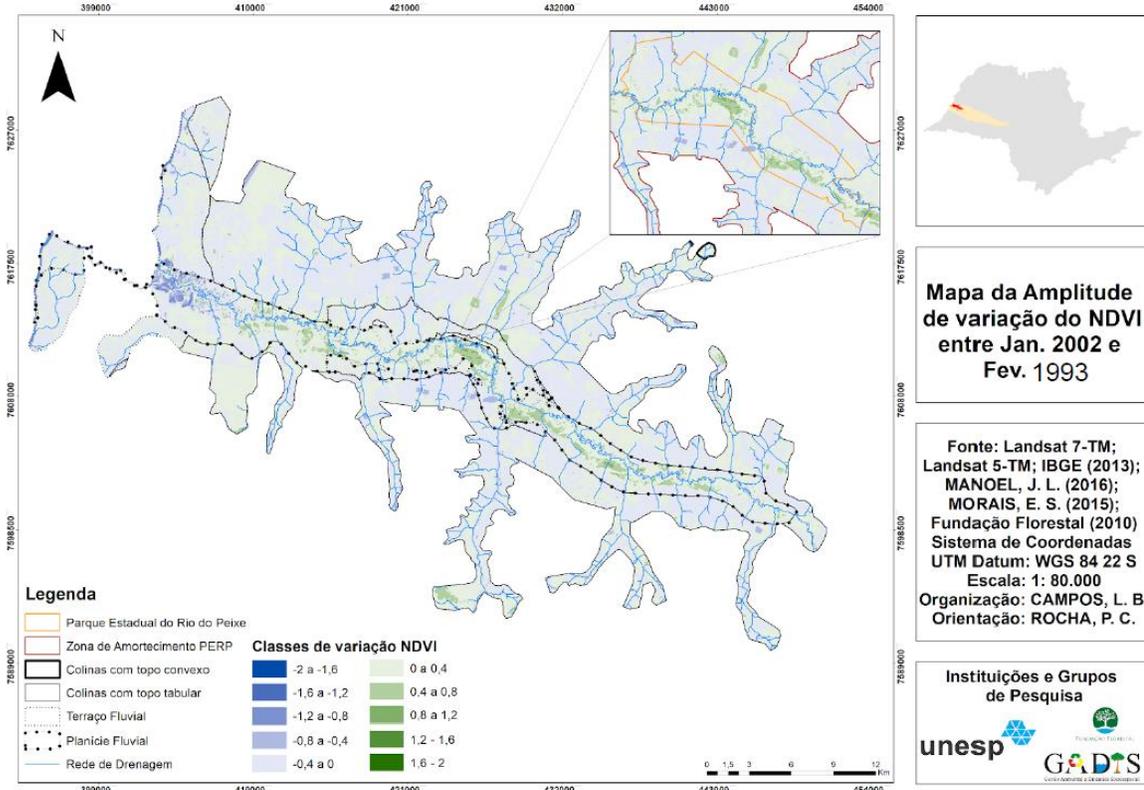
**Tabela 3 - Ocorrência das Classes de NDVI em cada Morfologia do relevo em Jan/2002**

Morfologia do relevo	Colinas com topo tabular	Colinas com topo convexo	Planície Fluvial	Terraço Fluvial	Área total (ha.)
<b>Classes de NDVI</b>					
-1 a -0,75	-	-	-	-	-
-0,75 a -0,5	-	-	42,89	14,63	57,52
-0,5 a -0,25	0,36	-	464,21	122,00	586,57
-0,25 a 0	5,83	-	196,24	44,22	246,29
0 a 0,25	375,05	-	402,27	48,76	826,09
0,25 a 0,5	2.515,40	0,34	877,97	786,97	4.180,68
0,5 a 0,75	32.571,63	80,35	7.259,71	6.141,59	46.053,28
0,75 a 1	7.199,70	18,90	4.940,87	1.476,09	13.635,57
<b>Área total (ha.)</b>					<b>65.586,01</b>

Para avaliar as diferenças, optou-se por extrair a amplitude de variação do NDVI entre os dois períodos. A Figura 7 e o gráfico da Figura 8 apresentam os resultados dessa variação.

Analisando a área toda, as variações de NDVI se concentraram na planície aluvial, sendo que nas áreas de terraço e colinas, as variações foram próximas de zero, havendo tanto áreas com o aumento da biomassa quanto a sua redução. Nas colinas e terraço o aumento/maior desenvolvimento da biomassa vegetal está relacionado à disponibilidade hídrica concedida devido à elevação do nível da água superficial e subterrânea advindas do enchimento do reservatório de Porto Primavera. A redução da biomassa em áreas de colinas e terraços está associada à alteração de uso e cobertura da terra.

**Figura 7 - Mapa da Amplitude de variação das Classes de NDVI – períodos de águas altas**



Fonte: Campos; Ng (2019).

Na planície aluvial foi onde houve as maiores variações, particularmente na foz do rio do Peixe com o alagamento da área devido à instalação da barragem e enchimento da cota 253 metros do reservatório de Porto Primavera, por isso nessa região destaca-se a coloração azul. Ainda neste compartimento geomorfológico, o aumento da biomassa a montante se intensifica e isso está

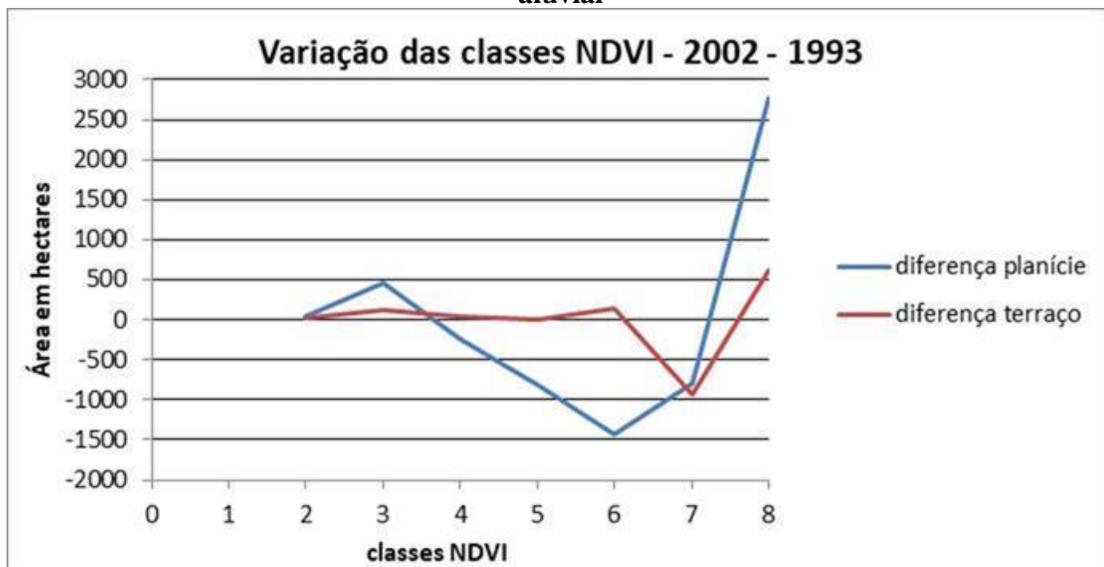
relacionado, além da maior disponibilidade de água decorrente da barragem, também pelo período de cheia nas datas das imagens em questão, que propicia ainda mais o desenvolvimento da vegetação.

Na Figura 7 também é possível observar o curso de dois eixos longitudinais, como seguindo o canal do rio, um de coloração azul e outro verde, mostrando que a análise de NDVI pode ser utilizada para auxiliar na análise de migração do canal, neste caso iniciada antes de 2002.

Observa-se também que as maiores variações foram negativas na Planície de Inundação e foram para as classes de NDVI entre 0 e 0,75 (classes 2 a 7 no gráfico), podendo estar indicando a diminuição de formações de baixos valores de biomassa. Contudo houve aumento da classe entre 0,75 e 1 (classe 8), podendo indicar aumento de vegetação de maior biomassa.

Nos Terraços Aluviais, houve pouca alteração para as classes até 0,5 NDVI (classes 2 a 6 no gráfico). Diminuiu para o intervalo 0,5 a 0,75 NDVI (classe 7) e aumentou no intervalo 0,75 a 1 NDVI (classe 8), indicando uma substituição de vegetação de maior biomassa.

**Figura 8 - Variação do NDVI entre 2002 e 1993 para as morfologias planície de inundação e terraço aluvial**



Fonte: Moraes; Rocha (2016).

Observou-se que o processo de conectividade entre o rio e sua planície fluvial tem intensa dependência do regime hidrológico. Conforme a umidade do terreno avança, se alteram os valores de biomassa vegetal. O alagamento de parte das áreas aluviais devido ao reservatório de Porto Primavera influenciou nos valores de biomassa vegetal de diferentes maneiras. Tanto devido a

Geolingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia Maringá, v. 15, n. 1, p. 114-131, 2023. Edição Especial GEMA 35 anos ISSN 2175-862X (on-line)

transformação de áreas terrestres em alagados e áreas úmidas quanto nas partes mais distais do remanso melhorando a disponibilidade hídrica nas partes mais elevadas.

Do ponto de vista ambiental e ecológico, segundo Baird (2007), em áreas úmidas as espécies mostram uma variação considerável na sua tolerância de adaptação aos diferentes regimes de água. Tais espécies, em condições de estresse hídrico, podem até mudar de posição ao longo do gradiente se a topografia permitir. A condição essencial dos organismos vegetais nas florestas ribeirinhas é que eles estão adaptados à alternância de secas e inundações. Ambos os extremos são repetidos com diferentes frequências, tem duração variável, atingem diferentes magnitudes e ocorrem em um determinado momento do ano (sazonalidade) (NEIFF, 2005). Para Casco (2003), a vegetação pode ser também um bom indicador para mudanças de clima regional e global, já que ela está condicionada, na distribuição e abundância, à perturbação imposta pelas inundações e secas.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos resultados permitiu algumas considerações importantes quanto aos Índices NDVI e a cobertura da terra nas unidades de relevo analisadas. A área de estudos é composta em grande parte por vegetação arbórea, nas áreas do terraço fluvial e vegetação herbácea, nas áreas de planície fluvial. O NDVI proporcionou essa análise, assim como também possibilitou observar as modificações da biomassa vegetacional nos diferentes períodos. Nos períodos de cheia anteriores ao barramento, foram identificadas na área a predominância da formação aluvial e florestal. Na cheia, devido a umidade, a vegetação fica mais desenvolvida, com mais vigor, apresentando intervalos no NDVI mais positivos.

Após o início de operação da UHE Porto Primavera, houve um aumento na disponibilidade hídrica, proporcionando um desenvolvimento da vegetação no trecho de jusante no rio do Peixe. Em áreas próximas à foz do rio, ocorreram impactos negativos, uma vez que alagada a área, diminuindo a vegetação, diferenciando e desconectando os ambientes alagados, úmidos e terrestres.

Ao analisar as áreas aluviais, observou-se que houve maior alteração na cobertura vegetal da planície em comparação ao terraço. Isso ocorreu provavelmente devido ao fato da planície se encontrar em um nível de cota próximo ao do rio, facilitando as alterações e modificações nessas

áreas. No terraço fluvial e nas colinas, houve pouca variação da biomassa, uma vez que eles se encontram em um nível mais alto que o rio e a planície. Contudo, as alterações nestes compartimentos geomorfológicos estão relacionadas à mudança de uso e cobertura da terra, especificamente do avanço da cultura de cana de açúcar em detrimento do pastoreio de gado.

A conectividade funcional no sistema rio-planície fluvial foi afetada em maior intensidade no trecho a jusante, devido ao remanso do reservatório de Porto Primavera tomar parte das áreas terrestres e transicionais, tornando-as áreas alagadas, impactando na expansão de biomassa vegetal.

Pode-se confirmar a eficiência no uso do NDVI para identificação da vegetação, uma vez que se observou nos mapas a presença de culturas temporárias, pastagem, formação florestal e aluvial nos intervalos de 0,5 a 0,75.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da FCT/UNESP pelo apoio instrumental e à FAPESP pelo apoio financeiro, Processo 2012/23959-9.

## 6 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul. **Geomorfologia**, n. 52, p. 1-22, 1977.

ANDRADE, L. F. **Análise espaço-temporal do escoamento fluvial nas bacias hidrográficas dos rios aguapeí e peixe, Oeste Paulista, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

BAIRD, A. J.; WILBY, R. L. **Eco-hydrology. Plants and water in terrestrial and aquatic environments**. New York: Routledge, 2007. 402 p.

CAMPOS, L.B., NG, P. **Estudo do comportamento vegetacional e conectividade em áreas inundáveis na área do parque estadual do Rio Do Peixe, São Paulo, usando índice de diferença normalizada (NDVI)**. 2019. 135 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. 2019.

CASCO, S. L. Distribución de la vegetación fluvial y su relación con el régimen de pulsos en bajo Paraná. **INSUGEO**, Tucumán, v. 12, p. 5-12. 2003.

CBH-AP. Comitê das bacias hidrográficas dos rios Aguapeí e Peixe. **Relatório de Situação dos recursos hídricos das UGRHI's 20 e 21**, 1997. Disponível em: <http://cbhap.org/publicacoes/relatorioz/>. Acesso em: 4 mar. 2019.

CESP. Companhia Energética de São Paulo. **UHE Sérgio Motta**, Disponível em: [http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa\\_UsinaPorto?OpenDocument](http://www.cesp.com.br/portalCesp/portal.nsf/V03.02/Empresa_UsinaPorto?OpenDocument) . Acesso em: set. 2019.

COMITÊ DE BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS AGUAPEÍ E PEIXE. **Relatório de situação – zero**. CBH-AP, 1997

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 602 p. 1998.

FUNDAÇÃO FLORESTAL, **Plano de Manejo do Parque Estadual do Rio do Peixe**, 2012. Disponível em: [http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/3\\_Caracterizacao.pdf](http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/fundacaoflorestal/2012/01/3_Caracterizacao.pdf). Acesso em: set. 2019.

JUNK, W. K.; BAILEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river flood plain systems. In: DODGE D. P. (es.). **Proceedings of the International Large River Symposium**. Ottawa: Canadian special Publications on Fishery and Aquatic Sciences, 1989. p. 110-127.

MANOEL, J. L.; ROCHA, P. C. Interferência e relações entre as morfologias das vertentes, índices de dissecação e os perfis longitudinais dos rios Aguapeí e Peixe. In: **Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas**, 7., 2019, Manaus, AM.

MORAIS, E. S de. **Formas, processos e evoluções no padrão de canal meandrante em diferentes escalas geomorfológicas: o rio do Peixe, SP**. 2015. 212 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

MORAIS, E. S. de; ROCHA, P. C. Formas e processos fluviais associados ao padrão de canal meandrante: o baixo rio do Peixe, SP. **Em Pauta**: revista brasileira de geomorfologia, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 431-449, 2016.

MORAIS, E. S. de; CREMON, E. H.; SANTOS, M. L.; ROCHA, P. C. Late Pleistocene-Holocene landscape evolution in the lower Peixe river, Brazil: A meandering river valley.

**Journal Of South American Earth Sciences:** Oxford, Pergamon-elsevier Science Ltd, v. 102, 11 p., 2020.

NEIFF, J. J. Prediction of Colonization by Macrophytes in the Yaciretá Reservoir of the Paraná River (Argentina and Paraguay). **Revista brasileira de Biologia:** São Carlos, v. 60, b. 1-4 p. 2005.

NEIFF, J. J. Ideas Para la Interpretación Ecológica del Paraná. **Interciencia:** Venezuela, v. 15, n. 6, p. 424-441. 1990.

NIMER, E. Clima. In: **Geografia do Brasil: Região Nordeste.** Rio de Janeiro: IBGE, v. 2, 1977. p. 47-84.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

ROCHA, P. C.; ANDRADE, L. F. O regime interanual de rios na região oeste de São Paulo (Brasil). In: LOPES, F.C. (coord.); ANDRADE, A. I. (coord.); HENRIQUES, M. H. (coord.); QUINTA-FERREIRA, M. (coord.); REIS, R. P. dos (coord.); BARATA, M. T. (coord.). **Para conhecer a terra:** Memórias e notícias de geociências no Espaço Lusófono. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra, 2012. p. 351-358.

ROCHA, P.C.; SANTOS, A. A. Análise hidrológica em bacias hidrográficas. **Mercator:** Fortaleza. v. 17. p. 1-18, 2018.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** 1:500.000 -Vol. I - Mapa - Vol II - Livro. São Paulo: FAPESP, 1997, v.1. São Paulo: FAPESP, 1997. v.1. 66 p.

SANTOS, C. R.; ROCHA, P. C. Análise integrada de dados espaciais utilizando multicritério para a delimitação de corredores ecológicos. **Brazilian Geographical Journal:** Uberlândia, v.10, n. 2, p. 4-18, 2019.

SHIMABUKURO, Y. E. Índice de Vegetação e Modelo Linear de Mistura Espectral no Monitoramento da região do Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v.33, p. 1729-1737, 1998.

THOMAZ, S. M.; ROBERTO, M. C.; BINI, L. M. Caracterização Limnológica dos Ambientes Aquáticos e Influência dos Níveis Fluviométricos. In: VAZZOLER, A. E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; HAHNN, N. S. (eds), **A Planície De Inundação Do Alto Rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. Maringá: UEM-Nupelia, 1997. 460 p.

*Data de recebimento: 29 de setembro de 2022.*

*Data de aceite: 01 de janeiro de 2023.*