

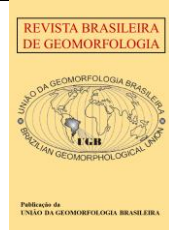


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 24, nº 1 (2023)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i1.2166>



Artigo de Pesquisa

Estrutura da vegetação e relação com os processos geomorfológicos e regime fluvial no Arquipélago Três Ilhas, Alto Rio Paraná

Vegetation structure and relationship with geomorphological processes and fluvial regime in the Três Ilhas Archipelago, Upper Paraná River

Luiz Antonio Frazatto Fernandes¹, Isabel Terezinha Leli², José Cândido Stevaux³, Kazue Kawakita⁴, Mariza Barion Romagnolo⁵

¹ Universidade Estadual de Maringá, UEM - Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Maringá, PR, Brasil. E-mail: luhpeacexp@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5302-1823>

² Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE - Programa de Graduação em Geografia, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil. E-mail: isabelleili@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4344-3739>

³ Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, UFMS - Programa de Graduação em Geografia, Três Lagoas, MS, Brasil. E-mail: josecstevaux@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6136-2556>

⁴ Universidade Estadual de Maringá, UEM - Laboratório de Vegetação Ripária, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Centro de Ciências Biológicas, Maringá, PR, Brasil. E-mail: kazue@nupelia.uem.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0917-6195>

⁵ Universidade Estadual de Maringá, UEM - Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Laboratório de Vegetação Ripária, Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura, Centro de Ciências Biológicas, Maringá, PR, Brasil. E-mail: mbromagnolo@uem.br.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-3624>

Recebido: 18/10/2021; Aceito: 29/11/2022; Publicado: 12/03/2023

Resumo: O rio Paraná é o segundo maior rio do Brasil e, em seu trecho superior, apresenta um padrão multicanal formado por 264 ilhas de diferentes dimensões e idades de formação. Dependendo de sua gênese e história evolutiva, as ilhas apresentam subambientes de morfologia variada (diques, paleobarra e paleoressaco) com variações na topografia e diferentes graus de conectividade com o do canal. Este estudo tem como objetivo atestar se a distribuição da vegetação arbórea dos subambientes das ilhas do arquipélago Três Ilhas está relacionada à topografia (morfologia) e ao regime de inundação do canal. A metodologia do estudo inclui a caracterização hidrológica do trecho e o levantamento topográfico e fitossociológico da vegetação arbórea dos subambientes de cada ilha do Arquipélago Três Ilhas. Assim, foi possível obter os parâmetros fitossociológicos, o grupo de sucessão e a síndrome de dispersão relacionados às espécies dos diferentes subambientes. Embora seja um consenso comum na literatura de que essas variáveis são responsáveis pela distribuição das plantas na região do rio Paraná superior, incluindo todas as formas de vida das plantas, os resultados estatísticos mostraram que apenas as espécies arbóreas não apresentam esse padrão específico. A estrutura da vegetação dos subambientes está relacionada à geomorfologia e hidrologia, na qual os valores mais altos de elevação dos subambientes correspondem aos valores mais altos da estrutura da vegetação (área e volume basal).

Palavras-chave: Domínio da Mata Atlântica; Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; Ilhas Fluviais; Processos fluviais; Estágios Sucessionais.

Abstract: The Paraná River is Brazil's second biggest river, and in its upper reach presents a multichannel pattern formed by 264 islands of different dimensions and ages of formation. Depending on their genesis and evolutionary history, the islands present sub-environments of varied morphology (levee, paleobar, and paleoblind-channel) with variations in topography and different degrees of channel connectivity. This study aims to attest to whether the tree vegetation distribution in the Três Ilhas Archipelago sub-environments is related to the topography (morphology) and the channel flooding regime. The study methodology includes the hydrological characterization of the stretch and the topographic and phytosociological arboreal vegetation survey of the sub-environments of each island of Três Ilhas Archipelago. Thus, it was possible to obtain the phytosociological parameters, succession group, and dispersion syndrome related to the arboreal species of the different sub-environments. Although it is common consensus in the literature that these variables are responsible for plant distribution in the Upper Paraná River region, including all plant life forms, the statistical results showed that only the tree species did not present this specific pattern. The vegetation structure of the sub-environments is related to geomorphology and hydrology, in which the higher elevation values of the sub-environment correspond to the higher values of vegetation structure (area and basal volume).

Keywords: Atlantic Forest Domain; Seasonal Semideciduous Alluvial Forest; Fluvial Islands; Fluvial Processes; Successional Stages.

1. Introdução

Com uma vazão média de $18.000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na sua foz no estuário da Plata e uma bacia hidrográfica com $2.583.000 \text{ km}^2$, o Rio Paraná está entre os 10 mega rios do planeta (LATRUBESSE, 2008). Seu curso é dividido em três trechos: Alto (Brasil), Médio e Baixo (Argentina) Rio Paraná, definidos pelas diferentes características geomorfológicas (GIACOSA; PAOLI; CACIK, 2000; SALLUN; SUGUIO; STEVAUX, 2007; AGOSTINHO et al., 2007). O Alto Rio Paraná apresenta padrão multicanal *anabranching* composto por 264 ilhas de diferentes tamanhos e processos de formação, e uma ampla planície de inundação, principalmente na margem direita (LELI, 2015). Esta região está sob o domínio da Mata Atlântica e região fitoecológica Floresta Estacional Semidecidual (FES) Aluvial (RODERJAN et al., 2002). Segundo Machado (2013), a estrutura da vegetação suscetível às inundações varia conforme o regime hídrico que atribui diferenciação na composição das espécies, distúrbios de mortalidade e tamanho de clareira conforme a duração e intensidade da seca, bem como a luminosidade.

Em estudo nas ilhas do Baixo Rio Paraná (Argentina) sobre a relação do regime hidrológico e geomorfologia com a distribuição e a dinâmica anual da vegetação, incluindo todos os hábitos, foi observado que a arquitetura geomorfológica tem maior influência na composição da vegetação do que da eco-hidrologia clássica (MARCHETTI et al. (2013). Marchetti e Acenólaza (2011) destacam que as diferenças microtopográficas, responsáveis pela conexão entre a vegetação e o regime fluvial, podem ser os principais reguladores da vegetação, entretanto somente estes não explicam a característica e distribuição das florestas fluviais. A relação entre a sucessão e estrutura da vegetação das ilhas do Alto Rio Paraná está condicionada à idade geomorfológica, topografia e umidade do solo das ilhas (RODRIGUES, 2019). Corradini; Fachini; Stevaux (2007) e Corradini; Stevaux e Fachini (2008) apontam o regime hidrológico e o sedimento transportado como os principais controladores da morfologia do canal e das ilhas, o que por sua vez, condiciona o padrão florístico (tipologia, densidade e distribuição) da vegetação das barras, ilhas e planície de inundação (FRAGAL; ALVES; SOUZA FILHO, 2012; SOUZA FILHO; FRAGAL, 2013).

Dentre as mais de duas centenas de ilhas do Alto Rio Paraná, foram selecionadas para este estudo aquelas pertencentes ao Arquipélago Três Ilhas (Fig. 1), classificadas de “ilhas de barra central” por serem derivadas de processos sedimentares intra-canal (LELI; STEVAUX; ASSINE, 2018, 2020). O processo de formação deste tipo de ilha tem início a partir de uma barra central arenosa que estabiliza e evolui para ilha por agradação vertical de sedimentos (NANSON; GIBLING, 2006; LELI; STEVAUX; ASSINE, 2020, 2021a; LELI et al., 2021b). Segundo Leli (2015), quando a barra permanece exposta por determinado tempo, pode receber acréscimo de sedimentos mais finos (lamosos) após enchentes menores, desenvolvendo assim, condições propícias para o crescimento de vegetação primária (higrófilas). Tal condição, além de dar estabilidade à barra por agregar sedimentação vertical de lama e areia fina (sedimentos finos), promove a incorporação de espécies em estágios seguintes na sucessão (arbustivas e arbóreas). Uma vez formada a ilha, sua área pode ser expandida pela anexação de barras arenosas laterais e/ou frontais (STEVAUX; MARTINS; MEURER, 2009; ROCHA, 2010a; LELI, 2015).

A sequência da anexação de barras é responsável pela formação de uma superfície ondulada de “calhas e cristas” paralelas que caracterizam ambientes com diferenças em altura, umidade, e tipo de vegetação

desenvolvida. As áreas mais altas do relevo “crista” se caracteriza pelos diques e paleobarras e são inundadas por grandes cheias (TAKEDA; LANSAC-TÔHA; AGOSTINHO, 2002), e as mais baixas “calhas” caracterizam os paleoessacos, que inundam em cheias médias, e ressacos que ficam sempre inundados pelo lençol freático (LELI, 2015). As diferenças topográficas dos subambientes propiciam diferentes graus de conectividade com o canal, e refletem na estrutura da vegetação arbórea, higrófila e herbácea (CORRADINI; STEVAUX; FACHINI, 2008; FRAGAL; ALVES; SOUZA FILHO, 2012).

A depender da topografia e do regime de cheias do canal, estes subambientes podem ser mais, ou menos suscetíveis ao alagamento (MARCHETTI; ACEÑOLAZA, 2011, 2012). Assim, conforme a posição topográfica, os subambientes insulares caracterizam uma conexão diferenciada com as características das cheias do canal (pico, frequência, intensidade recorrência, permanência e sazonalidade) (CASCO, 2004; CASCO; NEIFF; NEIFF, 2005; STEVAUX; CORRADINI; AQUINO, 2013). A variabilidade hidrológica e as inundações das ilhas são importantes para a ecologia fluvial por influenciar na dinâmica erosiva e verticalização sedimentar (STEVAUX; MARTINS; MEURER, 2009; ROCHA, 2010a; LELI, 2015; LELI; STEVAUX; ASSINE, 2020; HUANG; NANSON, 2007), e também por caracterizar a diversidade das espécies vegetais adaptadas a ambientes hidromórficos ou secos (CASCO, 2004; MARCHETTI; ACEÑOLAZA, 2011; JUNK; BAYLEY; SPARKS, 1989; NEIFF, 1990; CASCO; NEIFF; NEIFF, 2005; METZGER; BERNACCI; GOLDENBERG, 1997; CORRADINI; STEVAUX; FACHINI, 2008; CORRADINI, 2006).

Estudos em outros grandes rios mostram a relação entre a hidrologia e geomorfologia com a presença da vegetação, incluindo todos os hábitos (RODRIGUEZ et al., 2019; VALENTE; LATRUBESSE; FERREIRA, 2013; MONTERO; LATRUBESSE, 2013). A maioria dos estudos sobre a vegetação das ilhas do Alto Rio Paraná levam em consideração todas as formas de vida (herbáceas, trepadeiras, arbustivas e arbóreas). Quando comparadas todas as formas de vida, os resultados mostram grande influência da hidrologia e/ou do relevo na variação da distribuição das espécies (RODRIGUES, 2019; BALESTRINI, 2012; KAWAKITA; SOUZA, 2003; KAWAKITA et al. 2018). Entretanto, o estudo da vegetação arbórea merece atenção, tendo em vista que as ilhas são morfologias estabelecidas onde a fitofisionomia predominante é a florestal. Neary (2004) destaca a importância da união destes resultados com outras áreas de estudo, considerando a hidráulica e transporte de sedimentos para uma melhor compreensão dos fatores envolvidos na distribuição da vegetação. Embora sem identificação das espécies, Rodrigues (2019) estudou a relação entre as idades das ilhas 1 e 3 deste arquipélago através da circunferência das árvores e a diferença na estrutura da vegetação dos subambientes. Desta forma, estudos sobre a diversidade, distribuição e estrutura da vegetação arbórea com relação às variáveis ainda não foram realizados nesta região.

Considerando que a distribuição da vegetação em planícies aluviais, incluindo todas as formas de vida vegetais, é condicionada principalmente a fatores abióticos como a geomorfologia e a hidrologia do canal, este estudo tem como objetivo: 1) verificar a relação da comunidade arbórea com as variáveis físicas estabelecidas nos diferentes subambientes insulares, 2) analisar se a diversidade, distribuição e estrutura da comunidade arbórea nos diferentes subambientes estão condicionadas aos níveis topográficos e à frequência de alagamento, ou à dinâmica aleatória de deriva ecológica e dispersão.

2. Área de Estudo

O Arquipélago Três Ilhas localiza-se no Alto Rio Paraná, entre a cidade de Porto Rico e Porto Querência - PR, na margem esquerda da ilha Floresta, no município de Querência do Norte - PR (Figura 1 A). As três ilhas do arquipélago são identificadas como: Ilha 1, montante (22°50'33,67"S e 53°26'55,75"O), Ilha 2, intermediária (22°50'47,32"S e 53°27'14,42"O), e Ilha 3, jusante (22°51'7,33"S e 53°27'46,30"O) (Figura 1 B). O arquipélago está localizado no último trecho livre (235 km) de represamento do Alto Rio Paraná, entre a Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta (Represa Porto Primavera), localizada entre os municípios de Rosana – SP e Batayporã - MS, (limite montante), e o reservatório de Itaipu na cidade de Guaíra - PR (limite jusante) (LELI; STEVAUX; ASSINE, 2020).

O trecho superior apresenta uma vazão média anual de aproximadamente 9.000 m³·s⁻¹ obtida pela série histórica da estação fluviométrica de Porto São José (1964 a 2020), com extremos 2.550 m³·s⁻¹ (1969), e 33.740 m³·s⁻¹ (1983), e na estação de Guaíra, trecho jusante, ativa desde 1910, a vazão média é de 10.800 m³·s⁻¹ com extremos de 2.490 m³·s⁻¹ (1944) e de 39.870 m³·s⁻¹ (1983) (SOUZA FILHO, 1993).

Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *Cfa*, subtropical úmido com temperatura média, do mês mais frio, inferior a 18 °C, e mais quente acima de 22 °C, com verões quentes e pouca frequência de geadas (MAACK, 2002). A temperatura média anual varia entre 23 e 24 °C, com precipitação média anual entre

1200 a 1600 mm, a uma altitude aproximada de 232 m (NITSCHKE, 2019). A cobertura pedológica da margem direita é de solo Aluvial Eutrófico de textura argilosa (EMBRAPA, 1981; CORRADINI, 2006). Quando agrupados os subsistemas da planície de inundação do Alto Rio Paraná e as ilhas geradas por processo “intra-canal”, destacam-se os solos pouco desenvolvidos de textura argilosa, derivados de sedimentos aluviais (CORRADINI, 2006).

As formações vegetais encontradas no Alto Rio Paraná pertencem ao domínio da Mata Atlântica inseridas na região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual (FES) (IBGE, 2012). Devido ao intenso desmatamento a partir dos anos de 1930, essa cobertura vegetal se encontra reduzida às ilhas e áreas próximas ao canal (CAMPOS; SOUZA, 1997), em diferentes graus de sucessão (ROMAGNOLO; SOUZA, 2000). Ocorre também diferentes formações florestais, como a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, a qual faz parte do arquipélago e a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, além de Formações não florestais, representadas por formações pioneiras de barras arenosas, lagoas e ressacos (CAMPOS; SOUZA, 1997; JUNK et al., 2021). Na planície de inundação do Alto Rio Paraná ocorre o contato da FES e o cerrado, denominado de Áreas de Tensão Ecológica (IBGE, 2012), além da influência do antropismo.

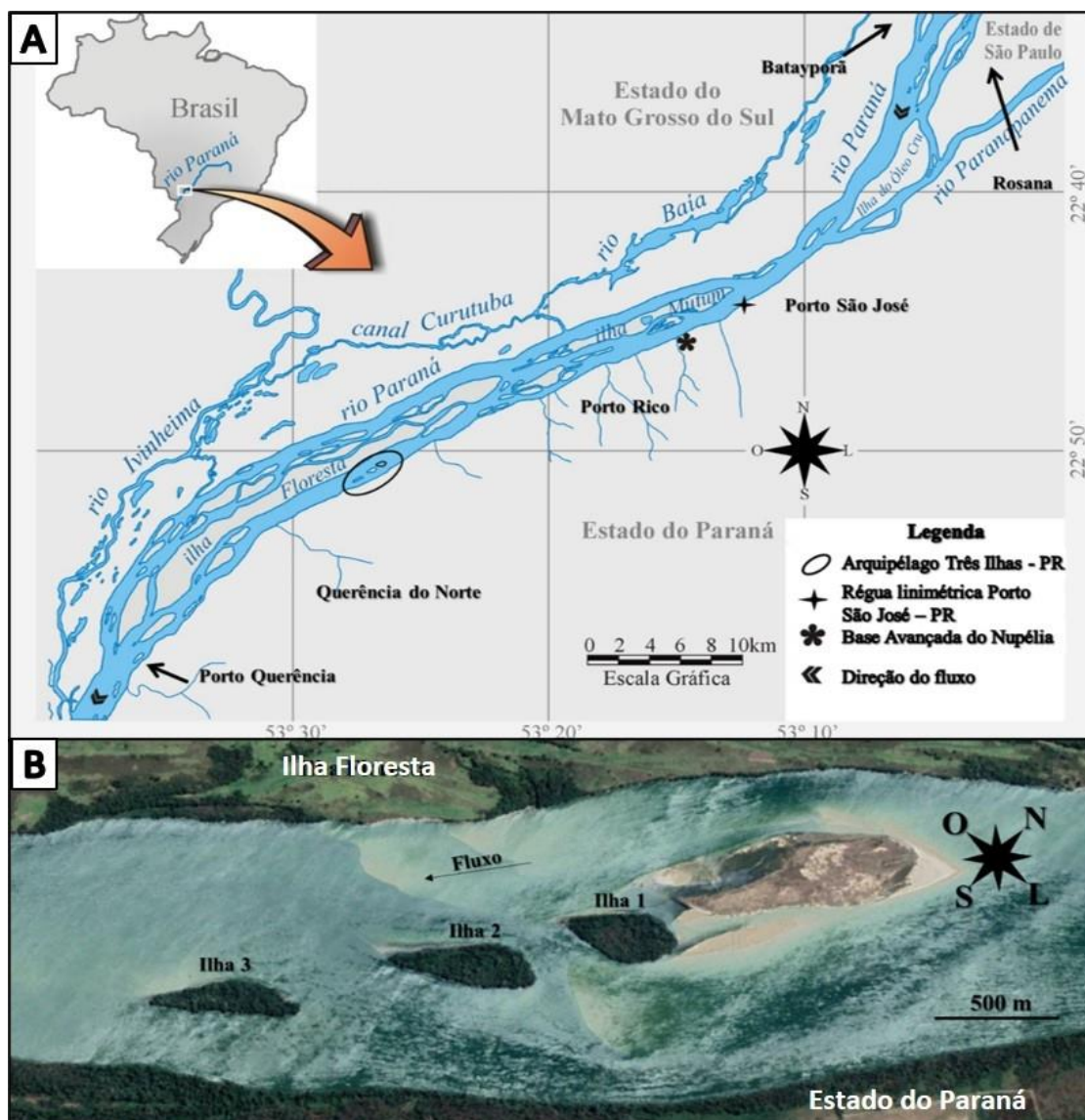


Figura 1. Localização da área de estudo. A: Trecho entre a cidade de Rosana e Porto Querência; B: Arquipélago Três Ilhas. Fonte: A: adaptado de: http://www.peld.uem.br/images/Planície_2010.jpg. B: Google Earth™ (2020).

3. Materiais e Métodos

O levantamento topográfico foi feito nos dias 16, 17 e 18/07/2019, quando o nível do canal (régua em Porto Rico) variou entre 140, 139 e 143 cm, respectivamente. O método utilizado foi o de nivelamento geométrico simples, conforme Rodrigues (2019), que consiste em medir os desníveis com relação à distância percorrida. As medidas de distância e desnível foram transferidas para o programa Microsoft Excel® (2007), e então obtidos gráficos topográficos. As seções dos perfis cobriram o perfil longitudinal (montante – jusante) e transversal (Margem Direita – Margem Esquerda) das ilhas, no entanto, por intransposição de áreas de mata fechada (trepedeiras), não foi possível completar os perfis longitudinais das ilhas 2 e 3 (Figura 2).

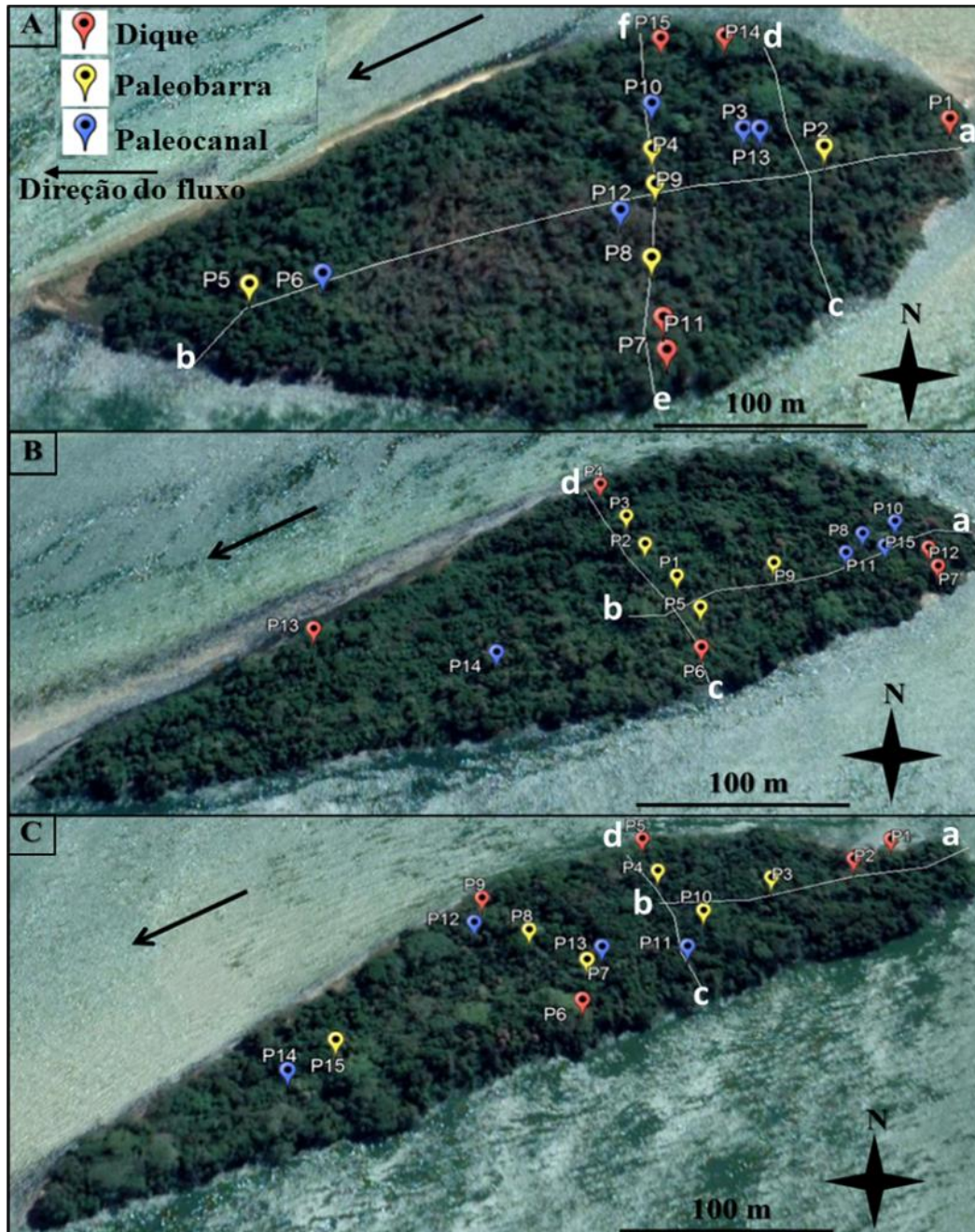


Figura 2. Seções topográficas, subambientes (diferentes cores), e parcelas de estudo botânico do Arquipélago Três Ilhas. A: Ilha 1; B: Ilha 2; C: Ilha 3. Perfil Longitudinal: a (montante), b (jusante); Perfil transversal: c, e (margem esquerda), d, f (margem direita); P: Parcela. Fonte: Imagens Google Earth™ (2020).

Os perfis topográficos são: Ilha 1 - levantamento longitudinal completo, montante - jusante (a-b), e transversal completo, margem direita - margem esquerda (c-d) (Figura 2 A); Ilha 2 - levantamento longitudinal parcial, mais

de um terço da seção (a-b), e transversal completo (c-d) (Figura 2 B); Ilha 3 - levantamento longitudinal parcial, aproximadamente um terço, e transversal completo (c-d), (Figura 2 C). A confecção dos perfis deu-se pela corroboração dos dados topográficos de campo e dados obtidos através do Google Earth™ o que, neste caso, demandou o conhecimento da altura das árvores. O restante do perfil das ilhas 2 e 3 que foram projetados, não foram utilizadas para a realização da estatística.

Os subambientes foram identificados *in situ*, e também a partir dos perfis topográficos. Fotografias aéreas (anos 1957, 1963 e 1970) também foram utilizadas para melhor compreensão da evolução morfológica das ilhas.

A análise hidrológica foi baseada em dados fluviométricos da estação de Porto São José (PR) (1964 a 2020) da Agência Nacional de águas (ANA, 2020). Para os valores de altura da régua (nível do Rio Paraná) foi utilizado o arquivo de leituras diárias (2000-2020) (PELD, 2020) da Base de Pesquisas Avançadas do Núcleo de Pesquisas em Limnologia, Ictiologia e Aquicultura (Nupélia) em Porto Rico – PR. Sendo os dados advindos de diferentes fontes, foi necessário gerar uma curva chave para a vazão obtida em Porto São José – PR, e altura da régua em Porto Rico – PR. O resultado da curva chave resultou num coeficiente de determinação de (R^2) 0,976, indicando um bom ajuste dos dados relacionados (Figura 3). A partir desta correlação foi possível gerar o hidrograma de frequência e períodos das cheias, volume de vazão, e níveis do canal para a região de Porto Rico entre os anos de 1964 a 2020 (Figura 4).

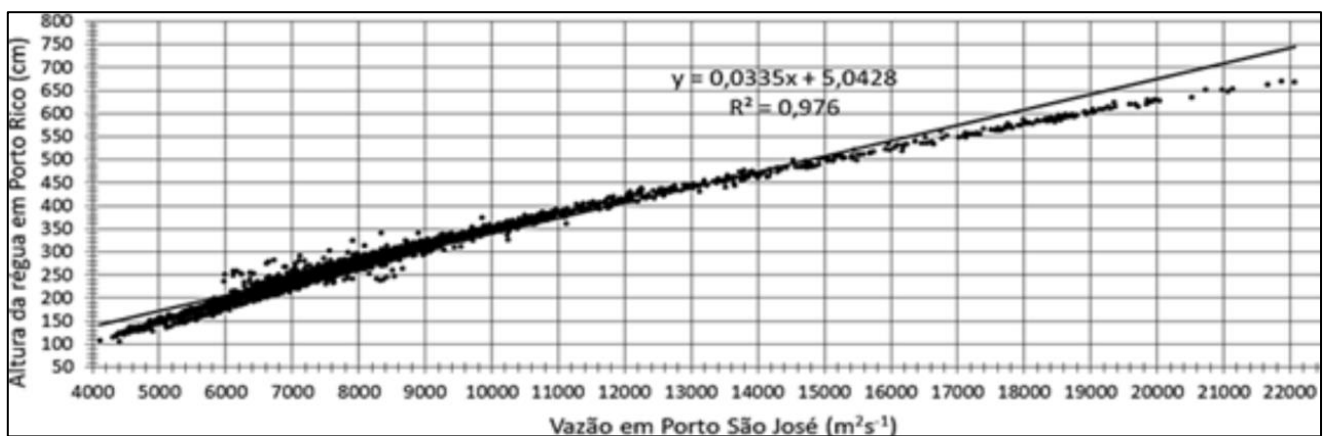


Figura 3. Curva chave de vazão e nível da régua (1964-2020).

Com base no hidrograma (Figura 4) foi possível estimar a frequência de exposição ao alagamento dos subambientes, em porcentagem (%), através da altura da régua de Porto Rico - PR. O tempo de exposição e as elevações encontradas através da topografia foram utilizados para analisar se estes fatores são determinantes para a composição e/ou abundância das espécies, se agem como reguladores, se são limitantes no recrutamento de espécies, e se apresentam uma relação de manutenção de semelhança entre os subambientes.

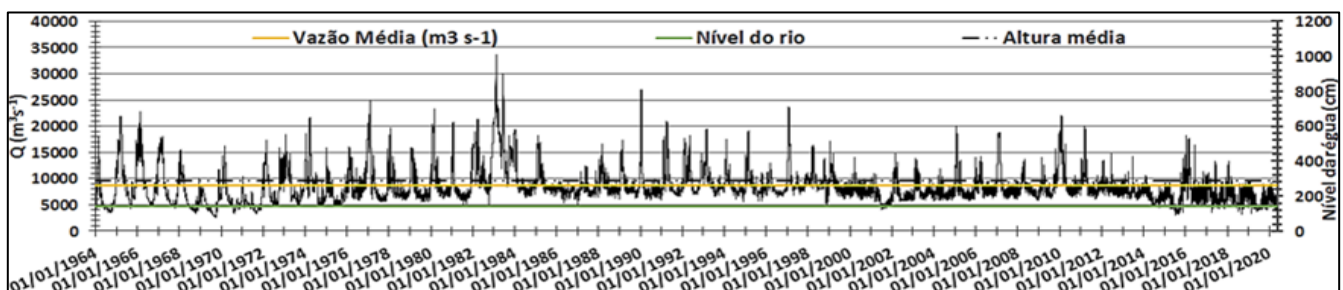


Figura 4. Hidrograma de vazão e nível da régua do rio Paraná em Porto São José (1964 a 2020).

A análise da riqueza e da estrutura da vegetação arbórea foi realizada em 45 parcelas de 10 m x 10 m (100 m²), sendo cinco para cada subambiente (dique, paleobarra e paleoressaco), de cada ilha, totalizando 15 parcelas de cada ambiente para todas as ilhas. A amostragem incluiu indivíduos com Perímetro à Altura do Peito (PAP) igual

ou superior a 15 cm, dos quais foram medidos o PAP e estimada a altura (DURIGAN, 2006). Os indivíduos mortos encontrados em pé também foram amostrados e denominados como categoria Indivíduos mortos.

O material botânico coletado, fértil e vegetativo foi herborizado pelas técnicas usuais (FIDALGO; BONINI, 1984), e utilizados para identificação. A identificação foi realizada por comparação com o material do acervo do Herbário do Nupélia (HNUP) e outros herbários virtuais (SPLINK, 2016; BRASIL, 2023), bem como, uso de bibliografias específicas (LORENZI, 2008; 2009a; 2009b; CARVALHO, 2003; 2006; 2008; 2010; 2014). Os dados de campo foram analisados por meio do programa FITOPAC versão 2.1 (SHEPHERD, 2010), que forneceu os parâmetros relativos às espécies (abundância, volume e valor de importância (VI)), e gerais da comunidade (nº de indivíduos, nº de indivíduos mortos, nº de espécies, nº de famílias, densidade, área basal total, dominância absoluta, volume total, diâmetro médio, altura média, volume médio, índice de Shannon-Wiener e Equabilidade).

As espécies arbóreas foram classificadas em grupos sucessionais com base em Swaine e Withmore (1988), de pioneiras (Pi), para plantas que necessitam de luz solar pelo menos parte do dia para germinação da semente, e não pioneiras (Np), para plantas capazes de germinar em sombra. Para tanto, foram utilizadas referências com tais classificações (LORENZI, 2008, 2009a, 2009b; CARVALHO, 2003, 2006, 2008, 2010, 2014; GANDOLFI; LEITÃO FILHO; BEZERRA, 1995), além de observações em campo. A classificação das síndromes de dispersão das espécies foi baseada em Van Der Pijl (1982), anemocórica (Ane), zoocórica (Zoo) e autocórica (Aut), com base no material coletado, e bibliografias específicas (CARVALHO, 2003, 2006, 2008, 2010, 2014; LORENZI, 2008, 2009a, 2009b).

A distribuição e abundância das espécies foram feitas por matriz de nove (9) linhas (subambientes) e 45 colunas (espécies), pelo método de distâncias de *Hellinger* (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011), e matriz de Bray-Curtis com a abundância das espécies para reduzir a diferença das espécies de maior e menor abundância. O resultado foi submetido à *Non-metric Multidimensional Scaling* (NMDS) (BORCARD; GILLET; LEGENDRE, 2011).

A relação entre as variáveis ambientais e as espécies foi feita através da Análise de Redundância (RDA) (LEGENDRE; OKSANEN; TER BRAAK, 2011) a partir da elevação (m) e frequência de exposição ao alagamento (%), como as variáveis ambientais, e a matriz de abundância das espécies, ambas obtidas a partir da transformação de *Hellinger* (LEGENDRE; BORCARD, 2018). Os dados foram processados no *software* R (R CORE TEAM, 2019) a partir dos pacotes VEGAN – *Community Ecology Package* (OKSAKEN et al., 2020) e LABDSV – *Ordination and Multivariate Analysis for Ecology* (ROBERTS, 2019).

Foi feito o agrupamento de Cluster no programa FITOPAC versão 2.1 (SHEPHERD, 2010) com abundância das espécies de cada subambiente para gerar a matriz de distância de dissimilaridade de Bray-Curtis pelo Método de Ligações Completas para saber das semelhanças entre abundância e/ou espécies dos subambientes.

4. Resultados

4.1. Morfologia das ilhas

As ilhas do arquipélago caracterizam uma geometria de gota, sendo as Ilhas 2 e 3 mais alongadas e estreitas (Figura 2). A Ilha 1 tem 81.000 m², 510 m de comprimento, e 40 a 250 m de largura. As ilhas 2 e 3 apresentam, respectivamente, 90.000 m², 700 m de comprimento, 30 a 200 m de largura, e 70.000 m², 670 m de comprimento e 20 a 140 m de largura, todas com topografia superficial onduladas de “calhas” e “cristas” (Figura 5).

As “calhas” caracterizam o relevo negativo, formado de áreas mais baixas que constituem os subambientes paleoressaco e ressaco (Figura 5 A, B, C). As “cristas” são áreas mais altas de relevo positivo e correspondem aos subambientes diques e paleobarras (Figura 5 B, C, E). Como resultado dos processos de sedimentação, a morfologia ondulada de “calhas” e “cristas” apresenta variações na altura, distância e localização. Os diques (margem das ilhas) e os paleodiques no interior das ilhas são os subambientes mais elevados, as paleobarras são intermediárias entre os diques e paleoressacos, mas podem chegar à altura dos diques, e ocorrem paralelamente ou diagonal aos diques ou direcionadas ao interior da ilha. Os paleoressacos são os subambientes mais baixos, e às paleobarras (Tabela 1).

A gênese da Ilha 1 ocorreu pela formação de uma barra arenosa montante da Ilha 2 em 1957 (Figura 6 A). Em 1963 existem duas barras principais diagonal ao canal, concretizando uma reorganização sedimentar e estabilização da barra (Figura 6 B), a qual passa por processo de estabilização e expansão até 1970, atingindo uma morfologia incipiente de ilha (Figura 6 C). A cronologia mostra uma ilhota na parte superior esquerda da Ilha 3 em 1957 (Figura 6 A), já anexada à ilha em 1970 (Figura 6 C).

Ilha 1: O perfil longitudinal tem 450 m de extensão (Figuras 2 A, 7 A), com a área mais elevada no centro da ilha por ser a área inicial da barra formadora da ilha (Figura 7 A). A ondulação do terreno é mais pronunciada que das Ilhas 2 e 3, pelos processos sedimentares e gênese mais recente. O perfil consta de um dique frontal nos primeiros 10 metros (D1), uma paleobarra 50 cm mais baixa que o dique a 90 m jusante (PB1), e outra paleobarra 350 m jusante (PB2) com 70 cm mais alta que o dique frontal, representando a sobreposição dos subambientes, e a partir de 385 m o relevo apresenta desnível até o final da ilha (Figura 7 A). A extensão do perfil transversal é de 245 m (Figura 2 A, 7 B), com o ponto mais elevado também no meio da ilha, e a presença de três diques, a montante (D2), e jusante (D3 e D4), duas paleobarras, no meio da ilha (PB3), e jusante (PB4), um paleoressaco a 68 m da margem esquerda (PR1), e um grande ressaco (R) (Figura 7 B) com profundidade de 240 cm a 220 cm, e 15 m de largura, onde a parte montante mais seca é facilmente inundada por estar somente 30 cm acima do nível do rio.



Figura 5. Diferença entre os subambientes estudados no Arquipélago Três Ilhas.

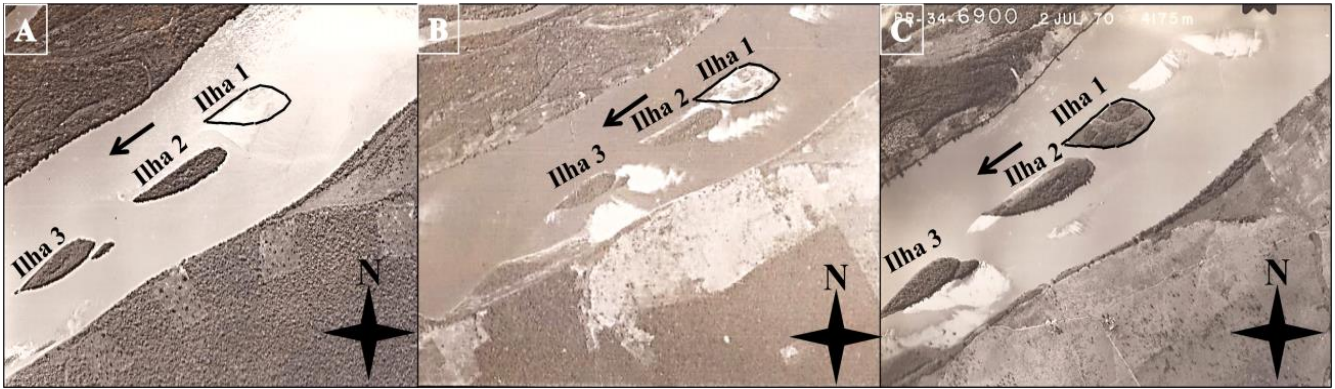


Figura 6. Gênese e evolução da Ilha 1 do Arquipélago Três Ilhas. A: 1957; B:1963; C: 1970. Fonte: Grupo de Estudos Multidisciplinares do Meio Ambiente – GEMA, UEM.

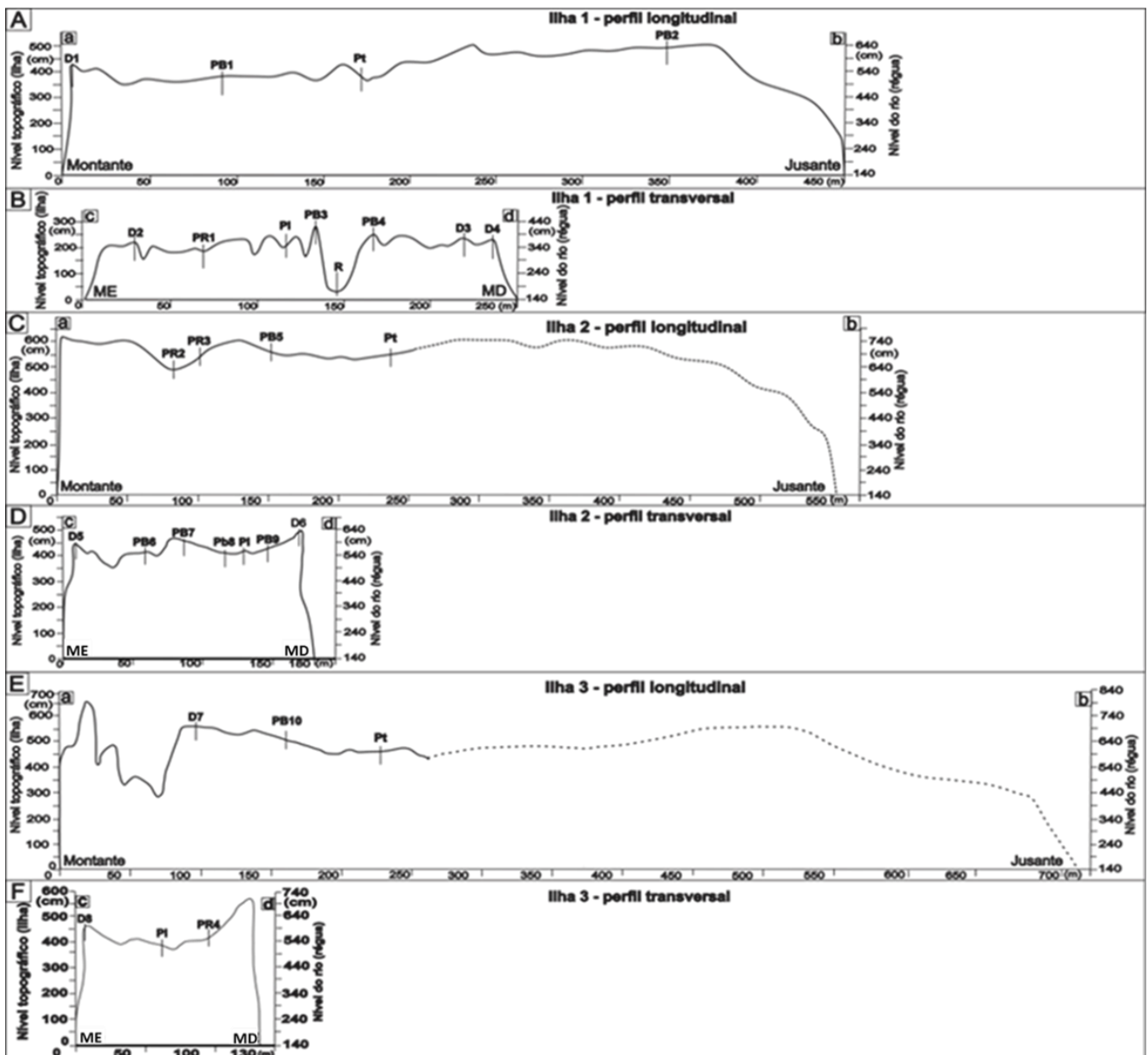


Figura 7. Topografia do Arquipélago Três Ilhas. Ilha 1: A: Perfil longitudinal (a-b), B: transversal (c-d); Ilha 2: C: Perfil longitudinal (a-b), D: transversal (c-d); Ilha 3: E: Perfil longitudinal (a-b), F: transversal (c-d). D: dique; PB; paleobarra; PR: paleoessaco; R: ressaco; Pt: perfil transversal; Pl: perfil longitudinal; MD: margem direita; ME: margem esquerda. As linhas tracejadas indicam topografia por meio de imagem de satélite.

Ilha 2: O perfil longitudinal é de 570 m, dos quais 270 m foi levantado em campo, e 300 m por imagem de satélite (Figura 2 B, 7 C). Ao longo deste perfil ocorrem dois paleoessacos e uma paleobarra com elevações de 494 cm (PR2), 530 cm (PR3) e 560 (PB5) cm, respectivamente. Com relação ao dique frontal, os paleoessacos apresentam um desnível de 118 cm (PR2) e 102 cm (PR3), respectivamente, e 71 cm para a paleobarra (PB5) (Figura 7C). O perfil transversal tem 177 m (Figuras 2 B, 7 D), com a parte mais elevada do dique marginal frontal da ilha, mais dois diques marginais (D5 e D6) e quatro paleobarras (PB6, PB7, PB8 e PB9), formando um embaciamento central pela maior elevação dos diques marginais. O dique da margem esquerda (D6) é 50 cm mais elevado que o da margem direita (D5), e 30 a 90 cm mais elevado que as paleobarras no interior (Figura 7D).

O perfil longitudinal mostra as ondulações do terreno mais suaves em relação ao mesmo perfil da Ilha 1 (Figura 7 A, C), principalmente na secção transversal, com até 150 cm de diferença nas ondulações (Figura 7 B, D).

Ilha 3: O perfil longitudinal apresenta 720 m de extensão, sendo 450 m elaborado por imagem de satélite (Figura 2 C, 7 E). A parte mais elevada da ilha ocorre no dique frontal com 653 cm, diminuindo para 290 cm nos primeiros 80 m pela existência de um grande paleoessaco de 30 m de largura. A partir daí o relevo aumenta novamente para 570 cm, seguido de declínio constante a jusante. Estes dois trechos elevados separados pelo resaco resultam da incorporação da ilha à esquerda na porção montante da Ilha 3 (Figura 7 E). Este perfil consta de um dique (D7) e uma paleobarra (PB10), 90 cm e 140 cm, respectivamente, e menor do que a parte mais elevada da ilha (Figura 7 E). O declínio suave e constante na maior parte do perfil longitudinal é similar ao perfil longitudinal da Ilha 2, e diferente da Ilha 1 que mostra ondulações mais acentuadas (Figura 7 A, C, E). O perfil transversal tem 130 m (Figuras 2 C, 7 F), com a presença de um dique (D8) e um paleoessaco (PR4), sendo a margem esquerda 95 cm mais elevada que a direita. Como na Ilha 2, o perfil transversal mostra um formato embaciado, sendo a parte interna 190 cm mais rebaixada que as margens (Figura 7 F).

A Ilha 1 é a que apresenta maior frequência de ondulação na superfície, se destacando das Ilhas 2 e 3, principalmente no perfil transversal (Figura 7 B, D, F). Embora as Ilhas 2 e 3 apresentem a superfície similar na morfologia e altura em relação ao nível médio do canal, a altura dos subambientes são diferentes, sendo a superfície da Ilha 3 mais homogênea e subambientes mais baixos que a Ilha 2 (Figura 7 C, D, E, F). A Ilha 1 apresenta o nível mais elevado na área central com 647 cm, diferente das Ilhas 2 e 3 que apresentam maior altura a montante com 591 cm e 653 cm, respectivamente, e rebaixamento gradual a jusante onde os perfis transversais mostram os diques laterais com menor elevação (Figura 7 A, B, C, D, E, F).

Tabela 1: Elevações máximas e mínimas dos subambientes (relação ao nível do rio).

Subambientes	Longitudinal		Transversal		Subambientes identificados (Total)
	Elevação mín. (cm)	Elevação máx. (cm)	Elevação mín. (cm)	Elevação máx. (cm)	
Dique					
Ilha 1	562	647	360	420	5
Ilha 2	-	610	446	491	3
Ilha 3	558	653	460	560	4
Paleobarra					
Ilha 1	510	633	334	415	6
Ilha 2	560	590	417	465	5
Ilha 3	363	542	394	455	6
Paleoessaco					
Ilha 1	487	501	289	348	5
Ilha 2	478	530	355	399	4
Ilha 3	286	523	288	420	4

4.2. Regime hidrológico e inundação das ilhas

Os dados das séries históricas (1964 – 2020) mostram que a vazão média anual da região é de $8.560 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ e nível médio do rio de 291 cm (Figura 8 A). A magnitude dos picos de cheias ($Q = 15.000$ a $33.500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) foram mais frequentes no período entre 1964 e 1999 (fechamento da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta), com aproximadamente uma ocorrência por ano (33 episódios em 35 anos). Após este período, a ocorrência de cheias reduziu para 0,25 eventos por ano, ocorrendo nos anos de 2004, 2006, 2009, 2010 e 2015 (Figura 8 A).

Os últimos dez anos que antecedem o ano de 2020 mostram que a vazão média caiu para $7.628 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, e o nível médio do rio para 254 cm (Figura 10 B). O padrão de cheias deste período é de $9.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, com dois picos de $22.065 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (fev. de 2010) e $19.918 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (mar. de 2011) (Figura 10 B). A variação hidrológica dos extremos em 2019 foi em fevereiro de $9.670 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ e maio de $3.789 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. A vazão média dos dias do levantamento foi de $4.018 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ e nível do rio de 140 cm (Figura 10 B). A partir de 1964, as ilhas ficaram submersas por dez episódios de cheia ($> 22.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), com destaque à cheia de dezembro de 1982 que atingiu onze metros acima do nível médio e permaneceu assim por dez meses. A relação entre altura máxima dos subambientes e volume das cheias, mostra que a frequência de inundação dos diques mais elevados (653 cm) foi de dez vezes ($Q \geq 22.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), paleobarras (até 633 cm) de onze vezes ($\geq 21.300 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$), e os paleoressacos (até 523 cm) de trinta vezes ($\geq 18.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) (Figura 9).

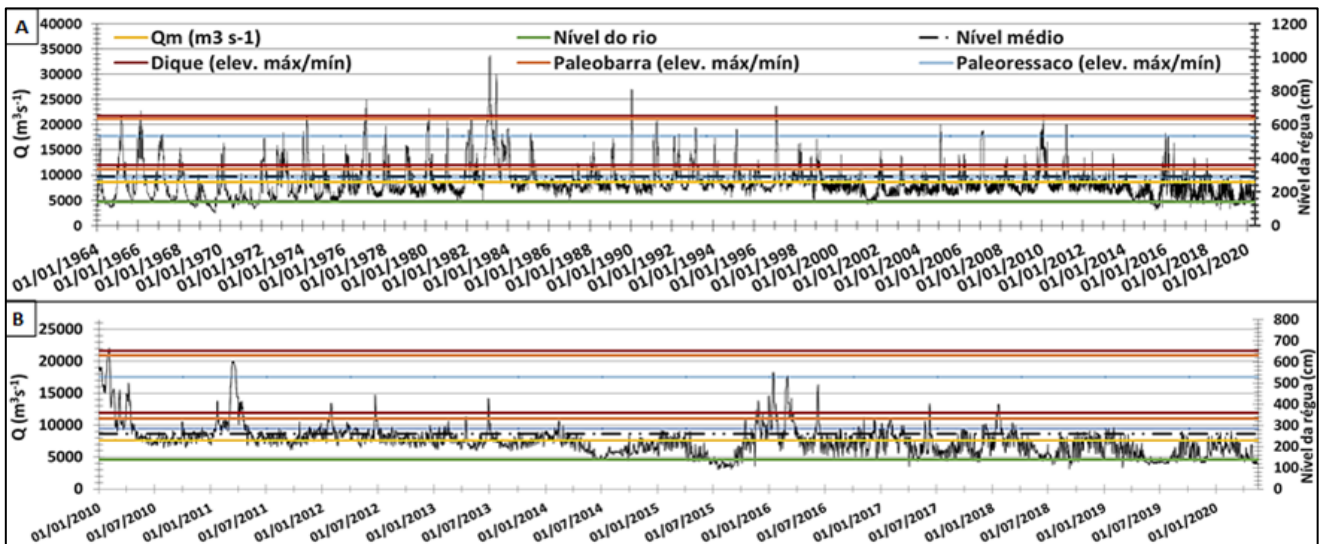


Figura 8: Hidrogramas do trecho estudado. A: entre 1964 a 2020; e B: entre 2010 a 2020. Qm: Vazão média.

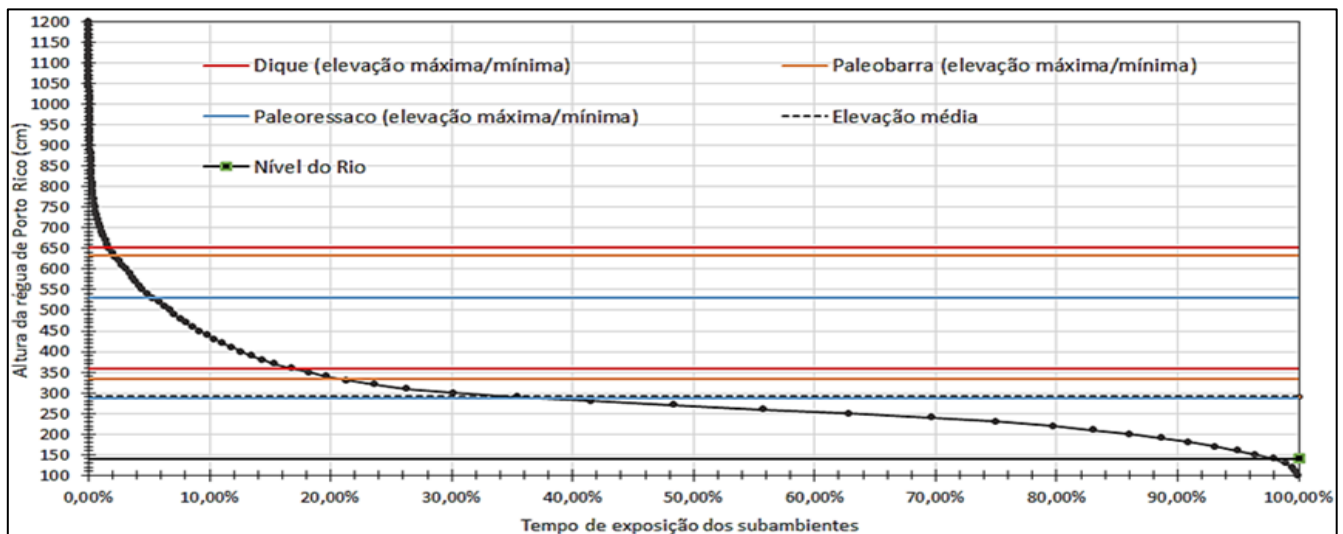


Figura 9. Frequência de exposição ao alagamento (1964 a 2020) dos subambientes dique, paleobarra e paleoressaco do Arquipélago Três Ilhas. Dados relativos à altura da régua, hidrograma e topografia.

Considerando a menor altura dos subambientes, os diques mais baixos são suscetíveis ao alagamento quando o rio atinge vazões $\geq 12.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, as paleobarras por vazões $\geq 11.300 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$, e os paleoressacos por vazões $\geq 9.700 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (Figuras 11). A relação de topografia das ilhas e hidrologia do canal mostra que a frequência de exposição ao alagamento dos subambientes durante o período nos diques foi de menor tempo (1,94% e 16,79%), aumentando nas paleobarras (2,54% e 21,27%), e mais tempo nos paleoressacos (5,82% e 35,44%), (Figura 9).

4.3. Vegetação

Foram amostrados 556 indivíduos dos quais 35 (6,29%) estavam mortos e em pé. O restante se distribuiu em 48 espécies, 36 gêneros e 22 famílias (Tabela 2). As famílias que apresentam maior riqueza específica foram: Fabaceae (oito spp.), Lauraceae, Meliaceae e Myrtaceae (quatro spp. cada), Annonaceae e Rubiaceae (três spp. cada), somando 215 indivíduos ou 38,66% dos indivíduos amostrados. Quatro famílias apresentaram duas espécies e as outras doze famílias uma espécie cada.

A relação de diversidade dos subambientes mostra o dique com maior densidade e abundância das espécies *Tabernaemontana catharinensis*, *Nectandra angustifolia*, *Inga vera*, Indivíduos mortos, *Piper tuberculatum* e *Allophylus edulis*; na paleobarra, se destacam *Triplaris americana*, *P. tuberculatum*, *T. catharinensis*, *I. verae*, *N. angustifolia*; e para o paleoressaco, *Triplaris americana*, *P. tuberculatum*, *I. vera*, *Cecropia pachystachya* e *Celtis iguanaea* (Tabela 2).

Tabela 2. Famílias e espécies amostradas nos subambientes do Arquipélago Três Ilhas. Abd = abundância; Vol = volume VI = valor de importância; GS = grupo sucessional: Pi = pioneira; Np = não pioneira; SD = síndrome de dispersão: ane = anemocórica; aut = autocórica; zoo = zoocórica). Destaque em cinza para os cinco maiores valores.

FAMÍLIA	Dique			Paleobarra			Paleoressaco			GS	SD
	Espécie	Abd	Vol	VI	Abd	Vol	VI	Abd	Vol		
Indivíduos mortos	19	0,95	16,4	6	0,29	8,24	10	0,3	13,3	-	-
ANACARDIACEAE											
<i>Spondias mombin</i> L.	1	1,25	3,25	-	-	-	-	-	-	Pi	Zoo
ANNONACEAE											
<i>Annona emarginata</i> (Schltdl.) H.Rainer	2	0,04	2,9	-	-	-	2	0,14	3,52	Pi	Zoo
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	2	0,1	3,85	Pi	Zoo
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	1	0,12	2,8	Pi	Zoo
APOCYNACEAE											
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC	28	2,38	21,5	23	3,5	24,9	10	0,82	14,1	Pi	Zoo
CALOPHYLLACEAE											
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	-	-	-	1	0,02	2,67	-	-	-	Np	Zoo
CANNABACEAE											
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	9	0,35	6,70	5	0,37	7,53	12	0,78	16,3	Pi	Zoo
ELAEOCARPACEAE											
<i>Sloanea garckeana</i> K.Schum.	5	0,16	6,46	7	0,92	9,48	3	0,05	5,82	Np	Zoo
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	1	0,78	2,95	-	-	-	1	0,07	2,72	Np	Zoo
ERYTHROXYLACEAE											
<i>Erythroxylum cuspidifolium</i> Mart.	-	-	-	1	0,03	2,7	-	-	-	Pi	Zoo
EUPHORBIACEAE											
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	-	-	-	1	0,32	2,98	-	-	-	Pi	Zoo
<i>Croton urucurana</i> Baill.	-	-	-	2	0,92	4,92	4	0,29	8,99	Pi	Aut
FABACEAE											
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	1	6,49	5,40	5	0,47	6,62	1	0,06	2,62	Pi	Aut

<i>Inga vera</i> Willd.	19	58,9	50,6	14	21,6	37,2	13	22,7	55,2	Pi	Zoo
<i>Machaerium stipitatum</i> (DC) Vogel	-	-	-	-	-	-	3	0,41	4,82	Pi	Zoo
<i>Peltophorum dubium</i> Taub.	4	0,98	6,41	-	-	-	1	3,9	9,29	Pi	Aut
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	-	-	-	1	0,03	2,74	1	0,01	2,55	Pi	Aut
<i>Zygia latifolia</i> (L.) Fawc. & Rendle	7	0,41	7,7	6	0,34	10,8	2	0,04	5,09	Pi	Aut
LAURACEAE											
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng) J.F.Macbr.	7	0,92	6,5	1	0,09	2,86	-	-	-	Np	Zoo
<i>Nectandra angustifolia</i> (Schrad.) Nees	21	5,17	18,4	10	3,44	14,2	7	1,45	13,6	Np	Zoo
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees	1	0,71	2,87	-	-	-	-	-	-	Np	Zoo
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	7	4,66	8,28	6	3,48	12,8	1	0,2	2,89	Np	Zoo
MELIACEAE											
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	9	2,71	10,4	-	-	-	-	-	-	Np	Zoo
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss.	3	1,31	4,49	-	-	-	-	-	-	Np	Zoo
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	6	0,26	5,18	3	0,05	3,9	3	1,09	8,16	Np	Zoo
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	1	0,04	2,43	-	-	-	-	-	-	Np	Zoo
MORACEAE											
<i>Ficus obtusiuscula</i> (Miq.) Miq.	2	61,3	37,5	1	49,9	40,2	-	-	-	Pi	Zoo
MYRTACEAE											
<i>Eugenia florida</i> DC.	-	-	-	2	0,18	3,54	2	0,03	5,06	Np	Zoo
<i>Eugenia repanda</i> O.Berg	1	0,01	2,39	4	0,06	6,56	4	0,29	7,04	Np	Zoo
<i>Psidium guajava</i> L.	-	-	-	1	0,01	2,66	-	-	-	Pi	Zoo
<i>Syzygium cumini</i> (L.)	1	2,34	3,8	-	-	-	-	-	-	Pi	Zoo
PICRAMINACEAE											
<i>Picramnia ramiflora</i> Planch.	-	-	-	-	-	-	2	0,02	3,18	Np	Zoo
PIPERACEAE											
<i>Piper tuberculatum</i> Jacq.	13	0,37	12,4	26	1,27	23,3	25	0,99	25,6	Np	Zoo
POLYGONACEAE											
<i>Triplaris americana</i> L.	8	1,35	10,6	38	5,77	34,6	28	3,82	31,6	Pi	Ane
RUBIACEAE											
<i>Genipa americana</i> L.	7	0,98	9,95	5	1,46	10,4	6	0,87	7,54	Pi	Zoo
<i>Machaonia acuminata</i> Bonpl.	-	-	-	-	-	-	2	0,23	4,11	Pi	Zoo
<i>Psycotria carthagenensis</i> Jacq.	1	0,01	2,38	-	-	-	-	-	-	Np	Zoo
SALICACEAE											
<i>Xylosma glaberrima</i> Sleumer	-	-	-	1	0,01	2,66	-	-	-	Pi	Zoo
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	1	0,02	2,38	-	-	-	-	-	-	Pi	Zoo
<i>Xylosma venosa</i> N.E.Br.	2	0,05	4,86	1	0,01	2,67	3	0,16	6,12	Pi	Zoo
SAPINDACEAE											
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	13	0,44	8,68	-	-	-	1	0,01	2,53	Pi	Zoo
<i>Sapindus saponaria</i> L.	-	-	-	-	-	-	1	0,46	3,52	Np	Aut
SAPOTACEAE											
<i>Pouteria glomerata</i> (Miq.) Radlk.	4	0,88	8,41	3	0,11	6,13	2	0,05	5,18	Pi	Zoo
URTICACEAE											

<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	5	2,61	7,83	8	3,48	12,74	12	4,86	22,9	Pi	Zoo
TOTAL	209	158,8	300	182	98,13	300	165	44,32	300	-	-

O volume, das espécies *Ficus obtusiuscula* e *Inga vera* (61,3 e 58,9 m³), apresentam 75,69% nos diques, 72,86% nas paleobarras (49,9 e 21,6 m³), e somente *I. vera* no paleoressaco (22,78 m³) com 51,39% (Tabela 2). *Inga vera* é bem representada no dique com mais que o dobro do volume que na paleobarra e paleoressaco, e *Cecropia pachystachia* se destaca no paleoressaco representando o segundo maior volume deste subambiente.

Dentre as espécies com maior VI, *Inga vera*, *Triplaris americana*, *Tabernaemontana catharinensis*, *Nectandra angustifolia* e *Piper tuberculatum* ocorrem em todos os subambientes. *Ficus obtusiuscula* e *Genipa americana* estão entre os dez maiores VI no dique e na paleobarra, *Cecropia pachystachya* na paleobarra e paleoressaco, e Indivíduo morto no dique e no paleoressaco (Tabela 2).

Os grupos sucessionais dos três subambientes apresentaram maior número de espécies pioneiras, sendo superior a 57% em todos os subambientes. O mesmo padrão pode ser constatado na abundância das espécies, sendo que as pioneiras continuam em destaque para os três subambientes, 60% em todos eles.

O percentual de riqueza das espécies zoocóricas manteve o padrão com índices acima de 78% em todos os subambientes. A proporção de indivíduos da comunidade mostra predominância para a zoocoria, porém com maior destaque de 93,40% dos indivíduos no dique, 70,45% na paleobarra, e 75,48% no paleoressaco. Para as outras síndromes, a anemocoria se destaca com 21,59% nas paleobarras, e 18,70% no paleoressaco.

O agrupamento dos subambientes de todas as ilhas confirma os parâmetros de densidade (área basal) e volume mais elevados no dique (Figura 5 A, B, D), seguido da paleobarra (Figura 5 A, F), e paleoressaco (Figura 5 C, D, E, F), com sobreposições dos subambientes separados (Tabela 3). No entanto, a altura média das árvores é maior na paleobarra, seguido do dique e do paleoressaco (Tabela 3). O Índice de Diversidade de Shannon (H') e a equabilidade de Pielou foram maiores para o dique, seguido do paleoressaco e da paleobarra (Tabela 3).

Tabela 3. Parâmetros estruturais da vegetação arbórea nos subambientes do Arquipélago Três Ilhas. (I-1 =Ilha 1; I-2 = Ilha 2; I-3 = Ilha 3; DT = total dos diques das três ilhas; PBT = total das paleobarras das três ilhas; PRT= total dos paleoressacos das três ilhas; Total = soma dos subambientes).

Parâmetros	Dique				Paleobarra				Paleoressaco				Total
	I-1	I-2	I-3	DT	I-1	I-2	I-3	PBT	I-1	I-2	I-3	PRT	
Nº. de indivíduos	60	63	86	209	57	62	63	182	51	65	49	165	556
Nº. de indivíduos mortos	7	4	8	19	5	1	0	6	3	2	5	10	35
Nº. de Espécies	15	17	18	30	15	15	18	27	16	20	13	29	45
Nº. de Famílias	11	13	13	16	10	12	12	16	13	13	12	16	23
Densidade (nº ind/ha)	3000	3150	4300	6966	2850	3100	3150	6066	2550	3250	2450	5500	6178
Área Basal total (m ² /ha)	5,124	3,972	1,793	10,88	1,432	3,803	1,393	6,628	1,075	1,311	1,183	3,569	21,086
Volume total (m ³)	79,8	54,9	23,9	158,8	16,7	63,3	18,0	98,1	13,4	16,4	14,5	44,3	301,389
Diâmetro médio (cm)	19,13	17,91	12,90	16,20	14,16	16,17	13,79	14,72	12,61	12,72	13,69	12,97	14,762
Altura média (m)	8,008	7,971	8,022	8,003	8,009	8,028	9,008	8,361	8,11	7,792	7,847	7,905	8,092
Índice Shannon-Wiener (H')	2,321	2,569	2,403	2,989	2,34	2,083	2,604	2,714	2,655	2,663	2,4	2,857	3,051
Equabilidade	0,837	0,889	0,816	0,87	0,912	0,751	0,884	0,814	0,902	0,875	0,909	0,84	0,793

4.4. Análises Estatísticas

A ordenação da NMDS demonstra a abundância e distribuição das espécies com maior similaridade entre as ilhas que entre os subambientes, indicando que a distância entre os subambientes de uma mesma ilha apresenta maior influência nas espécies encontradas do que as condições abióticas de cada subambiente (Figura 10 A).

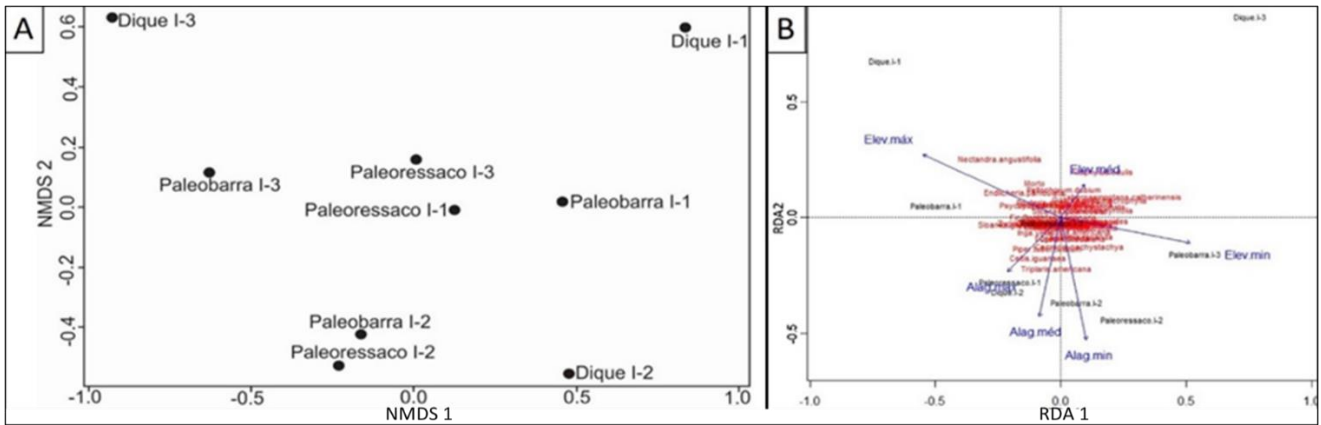


Figura 10. A: Resultados obtidos através das análises estatísticas *Non-metric Multidimensional Scaling* (NMDS); B: Resultados obtidos através das análises estatísticas *Redundancy analysis* (RDA).

A Análise de Redundância (RDA) no eixo 1 (RDA1) demonstra associação da elevação máxima (Elev.max) e mínima (Elev.min). A ordenação da esquerda representa os subambientes mais elevados e com tempo maior e médio de alagamento, e da direita representa os subambientes com menor tempo de alagamento e elevações média e mínima. O eixo 2 (RDA2) mostra a separação dos subambientes pela maior elevação (Elev.max) e menor frequência de exposição ao alagamento (Alag.min), e o valor médio da frequência de exposição ao alagamento (Alag.med), indicando os subambientes que foram influenciados pela elevação (parte superior), e subambientes influenciados pela frequência ao alagamento (parte inferior) (Figura 10 B).

Os resultados RDA demonstraram que os subambientes dique I-1 e paleobarra I-1 foram influenciados pela elevação máxima, assim como a espécie *Nectandra angustifolia* e os Indivíduos mortos. O subambiente dique I-3 foi influenciado pela elevação média e máxima, enquanto que a espécie *Altophylus edulis* mostrou relação com a elevação média. Os subambientes dique I-2 e paleoressaco I-1 mostram uma correlação com a frequência de alagamento máximo assim como as espécies *Triplaris americana* e *Celtis iguanaea*. Os subambientes paleobarra I-2 e paleoressaco I-2 sofreram influência da frequência ao alagamento médio e mínimo respectivamente, e o subambiente paleobarra I-3 foi influenciada pela elevação mínima (Figura 10 B).

A dissimilaridade baseada na distância de *Bray-Curtis* pelo Método de Ligações Completas mostra a separação dos subambientes em dois grandes grupos, um composto por dique I-1, paleobarra I-1 e dique I-2, e outro pelos outros seis subambientes. O dique I-3 é o subambiente que apresentou menor semelhança com o restante (Figura 11), e os de maior semelhança foram paleoressaco I-1 e I-3 (66%), dique I-1, e paleobarra I-1 (62%), todos os subambientes puderam ser agrupados com uma similaridade de 24% (Figura 12).

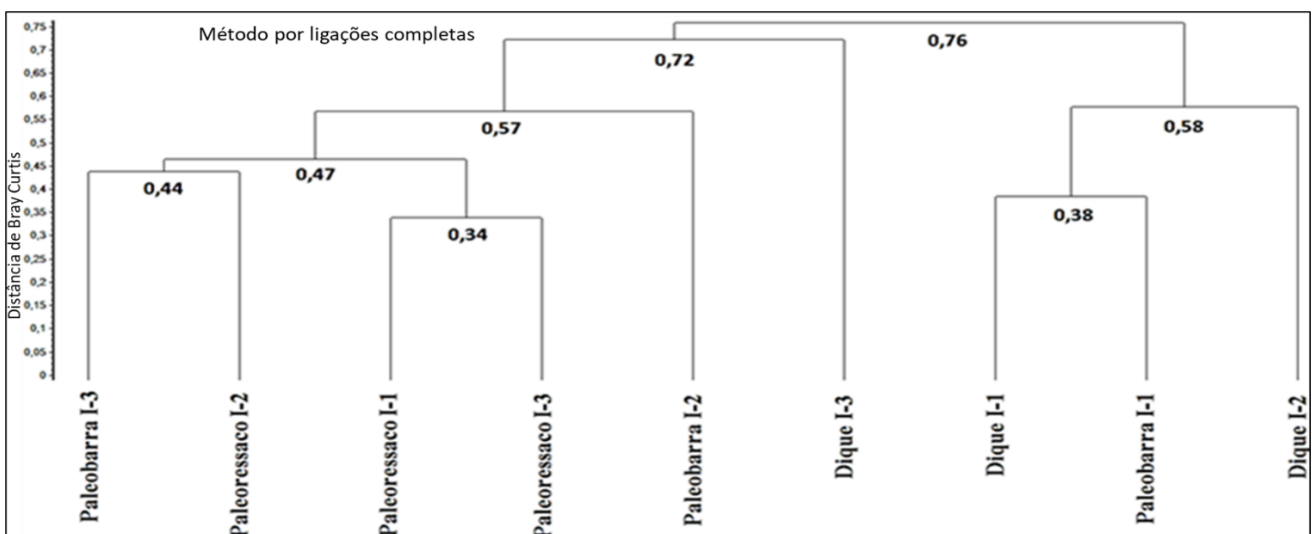


Figura 11. Dendrograma dos subambientes das ilhas pelo índice de *Bray-Curtis* obtido por meio do programa FITOPAC.

5. Discussão

A frequência de exposição ao alagamento influencia principalmente na abundância das espécies tolerantes por causa de suas modificações fisionômicas que atribuem maior vantagem sobre as não tolerantes em condições de hipoxia (BATISTA et al., 2008). Tal condição se aplica à frequência e magnitude das cheias, bem como, aos diferentes níveis do terreno fluvial. Dentre os subambientes estudados, os diques são os mais elevados, sendo entre 3% - 48,9% mais altos que as paleobarras, e entre 18,9% - 56,3% mais altos que os paleoressacos (Tabela 1). Conforme os níveis e duração das cheias do Rio Paraná, a diferença de altura entre os subambientes resulta em diferentes estágios de permanência inundados. A periodicidade de inundação dos paleoressacos é de uma vez a cada dois anos (>286-523 cm), por outro lado, as paleobarras e diques, mais elevados no mínimo um metro que os paleoressacos, são inundados uma vez a cada cinco anos (>334-633 cm), e seis anos (>360-653 cm), respectivamente (Tabela 1, Figura 10 A). Os paleoressacos são mais suscetíveis ao alagamento, com inundação a partir de 290 cm, sendo este o nível de vazante determinado por Rocha, Santos e Souza-Filho (2001). A relação do nível do terreno com os pulsos de inundação são fatores determinantes na composição e estrutura da vegetação de determinados locais (SILVA et al., 2007, 2012; FRAGAL; ALVES; SOUZA FILHO, 2012; SOUZA FOLHO; FRAGAL, 2013.).

Desde 1998 este trecho do Alto Rio Paraná está sob influência do represamento da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, que alterou significativamente o regime hidrológico (vazão, nível médio, e magnitude e frequência de cheias), (ROCHA, 2010b; ROCHA; COMUNELLO, 2009). A inundação da planície se dá a partir de 700 cm, o que corresponde à vazão de $\approx 23.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ (ROCHA, 2010b; ROCHA; COMUNELLO, 2009), com recorrência de nove anos, sendo a última registrada em 2010. A inundação das ilhas estudadas ocorre a partir de 660 cm, vazão de $\approx 22.000 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$. A altura média das paleobarras é de 473 cm, valor próximo ao que Santos (1991) encontrou nas barras arenosas do rio Paraná de 460 cm, e vazões semelhantes ($16.000 - 16.500 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$) de inundação.

Os subambientes dique, paleoressaco, paleobarra e ressaco, que determinam um relevo irregular na superfície das ilhas (Figuras 5 D, E, F), correspondem aos processos de incorporação de barras marginais (LELI, 2015). Os processos de anexação de barras marginais determinam um perfil transversal ondulado com dimensões de altura e dimensões diferenciadas, levemente embaciadas no centro, e diques marginais marcando as áreas mais elevadas (LELI, 2015; FERNANDEZ; SANTOS; STEVAUX, 1993).

Os resultados em relação a diversidade e riqueza de espécies foram semelhantes nos três subambientes, diferindo de outros levantamentos realizados em áreas alagáveis que demonstram maior riqueza e diversidade em locais menos afetados por alagamentos. De acordo Umetsu et al (2011), a inundação configura uma barreira para a colonização da área por espécies de formações vegetais vizinhas, resultando em formação com baixa riqueza e diversidade. Entretanto os resultados deste estudo demonstram que algumas espécies são adaptadas para suportar maior período de alagamento. O regime de inundação diferenciado pode gerar heterogeneidade ambiental e contribuir no incremento da diversidade de espécies em escala regional, uma vez que algumas espécies são melhor adaptadas a ambientes com maior ou menor tempo de inundação (CRUZ e CAMPOS, 2013; FRAGAL; ALVES; SOUZA FILHO, 2012; SOUZA FOLHO; FRAGAL, 2013).

A análise comparativa dos três subambientes mostra as espécies de vegetação com maior VI com ampla distribuição em outros ambientes do Alto rio Paraná (SLUSARSKI e SOUZA, 2012), demonstrando que estão adaptadas tanto às diferenças de elevações dos subambientes, como à frequência e magnitude das cheias.

Dentre os indivíduos mortos, destacaram-se nos diques *Cecropia pachystachya* e *Tabernaemontana catharinensis*, conhecidas por serem pioneiras e tolerantes a alagamentos. *C. pachystachya* ocorre preferencialmente em locais de alagamentos periódicos, úmidos, bordas da mata, e raramente no interior de florestas densas (BATISTA et al., 2008), já *T. catharinensis* é encontrada em locais suscetíveis a inundações intensas e esporádicas (SLUSARSKI, 2009). Tal condição mostra que os indivíduos destas espécies, estritamente pioneiras nesta região (CAMPOS; ROMAGNOLO; SOUZA, 2000; CAMPOS; SOUZA, 2002), estão sob o processo de sucessão, e suas mortes ocorrem à medida que completam o ciclo de vida.

Em relação as categorias sucessionais, as espécies pioneiras se destacaram com maior riqueza e abundância (número de espécies e de indivíduos) nos três subambientes (diqe, paleobarra e paleoressaco), indicando que os locais ainda estão em processo de atingir o equilíbrio (clímax das espécies), o qual depende da intensidade e duração dos períodos de águas altas e baixas. Segundo Cruz e Campos (2015), a frequência, volume e permanência dos pulsos de inundação influenciam no retardamento do processo sucessional por causa da eliminação de plântulas e indivíduos jovens de espécies não tolerantes à alagamentos.

Os subambientes paleoressaco e paleobarra apresentaram maior abundância e diversidade de espécies pioneiras em relação ao dique (Figura 10 B, Tabela 2), o que pode estar relacionado ao menor tempo de alagamento. De acordo com Metzger, Bernacci e Goldenberg (1997), o período de alagamento influencia todos os subambientes ripários por favorecer a diversidade de espécies pioneiras, sendo que quanto maior o tempo e a frequência de alagamentos, maior é a diversidade destas espécies.

Os parâmetros estruturais da vegetação (altura e diâmetro médio, densidade, área basal total, e volume total), de todos os subambientes, indicam que a taxa de umidade parece afetar negativamente a vegetação arbórea, uma vez que o paleoressaco, que é o ambiente é mais vulnerável aos distúrbios dos alagamentos, apresentou os menores valores (Tabela 3). Outros estudos realizados em áreas inundáveis de diferentes gradientes de inundação também demonstraram que vegetação arbórea de áreas mais baixas apresentaram menores valores de parâmetros estruturais (CAMPOS et al., 2009 e SLUSARSKI, 2009). Fragal, Alves e Souza Filho (2012); Souza Filho e Fragal (2013); e Cruz e Campos (2013) também ressaltam que variações topográficas tem se mostrado determinantes na riqueza e abundância das espécies arbóreas.

O índice de diversidade de Shannon dos diferentes ambientes foram semelhantes e condizentes a outros estudos sobre vegetação arbórea em condições de alagamentos do Alto rio Paraná (SOUZA; CISLINSKI; ROMAGNOLO, 1997; SLUSARSKI, 2009; BALESTRINI, 2012). A equabilidade de Pielou, entre 0,75 e 0,90, está na média encontrada nesta região por Cruz e Campos (2013), e superior ao encontrado por Slusarski (2009) na margem esquerda do rio Paraná, demonstrando uma diversidade alta para esta região.

O predomínio de espécies zoocóricas na relação dispersão dos frutos/sementes se deve à característica da vegetação ser de floresta tropical, conforme Howe e Smallwood (1982) ao destacar que as espécies zoocóricas podem atingir entre 50% a 90% neste tipo de floresta. Estudos sobre a mesma fitofisionomia mostram maior quantidade de espécies e indivíduos zoocóricos (YAMAMOTO; KINOSHITA; MARTINS, 2007; VALE et al., 2009; NUNES et al., 2003; SANTANA; SILVA; SILVA, 2016; PRADO JÚNIOR et al., 2012). O dique apresenta 3,7% de espécies anemocóricas, a paleobarra 21,59%, e o paleoressaco 18,70%, demonstrando que quanto mais avançado é o estágio de sucessão, menor a quantidade de espécies anemocóricas (TABARELLI; PERES, 2022; CAMPOS et al., 2009), principalmente quando se trata apenas de espécies arbóreas (HOWE; SMALWOOD, 1982).

A análise NMDS indica a distância dos locais como maior influenciador na composição e abundância das espécies se comparado às elevações ou tempo de permanência de inundação, pelo agrupamento distinto em ilhas e não dos subambientes (Figura 10). Tal condição é compatível com estudos no Baixo Rio Paraná onde Marchetti; Aceñolaza (2011) encontraram diferença de riqueza e estrutura de espécies em locais de topografia semelhante, e não relacionados diretamente ao comportamento hidrológico e relevo das ilhas.

A análise RDA mostra a aglomeração de espécies no centro do diagrama, o que, segundo Souza et al. (2018), se deve à plasticidade das espécies com relação as variáveis utilizadas na criação dos vetores (Figura 10 B). A análise RDA agrupou os subambientes das ilhas formando grupos únicos e sem interpolação de resultado (Figura 10 B), demonstrando que, apesar dos subambientes das diferentes ilhas possuírem elevações e frequência de exposição à alagamentos diferentes, a proximidade das áreas parece influenciar mais do que as características abióticas, confirmando o resultado NMDS (Figuras 10 B, 11).

O agrupamento de dissimilaridade Bray-Curtis mostra a sobreposição na elevação dos subambientes, o que leva à sobreposição na frequência de exposição ao alagamento também. Entretanto, a maior diferença entre o dique e o paleoressaco parece ter influenciado no agrupamento, separando-os em dois grandes grupos. A paleobarra aparece nestes grupos como uma área de transição entre o dique e o paleoressaco, o que difere da NMDS por demonstrar uma semelhança, mesmo que baixa, entre os subambientes, principalmente entre o dique e paleobarra, e/ou a paleobarra e paleoressaco, destacando o grupo dos diques e paleoressacos (Figura 10 A, 11).

6. Conclusões

Os subambientes que fazem parte da morfologia das ilhas de barra central (diques, paleobarras e paleoressacos) apresentam diferentes elevações e diferentes frequências de exposição ao alagamento. Tais variáveis geralmente são controladoras da vegetação, exceto para a vegetação arbórea, que após atingir um determinado porte, torna-se mais resiliente às perturbações temporárias dos pulsos de inundação. A estrutura dos indivíduos e comunidade parece sofrer maior influência destas perturbações. A estrutura da vegetação arbórea nos diques é mais semelhante à paleobarra do que ao paleoressaco, devido ao tempo de desenvolvimento e formação, elevação e frequência de exposição ao alagamento serem semelhantes.

Apesar dos períodos diferentes de formação das ilhas e seus subambientes, observa-se a predominância das espécies arbóreas pioneiras, indicando que estes locais ainda sofrem influência dos pulsos de inundação.

É constatado o predomínio de espécies arbóreas pioneiras nos subambientes dique, paleobarra e paleoressaco. Assim, considerando o período de funcionamento da Usina Hidrelétrica Engenheiro Sérgio Motta, e os diferentes níveis topográficos das ilhas, tal condição indica a influência dos pulsos de inundação para o desenvolvimento destas espécies, uma vez que espécies de sucessão avançadas necessitam de condições apropriadas (local e tempo) para o desenvolvimento e estabelecimento.

Os apontamentos deste estudo são de grande relevância ao mostrar que as características e distribuição das espécies arbóreas dos subambientes destas ilhas do Alto Rio Paraná não são influenciadas pelo regime hidrológico e topografia, que indica a plasticidade das espécies arbóreas ao resistir os distúrbios estabelecidos.

Entretanto, para o conhecimento mais abrangente do comportamento e distribuição das espécies vegetais nestas ilhas, propõe-se que a abordagem aqui realizada seja continuada enfocando o comportamento de outras espécies vegetais. Salienta-se também que estudos sobre o regime hidrológico e topografia, sedimentologia, e composição e tipos de solos contribuirão para a compreensão das características estruturais e distribuição da vegetação arbórea encontrada nos subambientes de ilhas fluviais.

Contribuições dos Autores: L.A.F.F.: coleta de dados, metodologia, pesquisa, preparação dos dados, escrita do artigo. I.T.L.: coleta, metodologia, pesquisa, supervisão e revisão do artigo. J.C.S.: análise formal, revisão do artigo. K.K.: análise formal. M.B.R.: coleta, metodologia, pesquisa, supervisão e revisão do artigo. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processo n. 405190/2018-2 de Isabel Leli, e n. 474245/2011-01 e 308957/2020-2 de José Stevaux), e CNPq/PELD-PIAP (processo n. 441356/2020-60) na coleta dos dados de campo.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pela bolsa de Mestrado do primeiro autor.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse, bem como, os financiadores não tiveram interferência no desenvolvimento do estudo, na coleta, análise ou interpretação dos dados, na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

Referências

1. AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; PETRY, A. C.; GOMES, L. C.; JÚLIO JR, H. F. Fish diversity in the upper Paraná River basin: habitats, fisheries, management and conservation. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, v. 10, n. 2, p. 174-186, 2007. DOI. 10.1080/14634980701341719
2. ANA/Brasil. **Agência Nacional de Águas**. M. M. A. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: 13 mar 2020.
3. BALESTRINI, R. S. **Análise fitossociológica da ilha Carioca, alto rio Paraná, utilizando o método de parcelas e pirâmide de vegetação**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina. 2012.
4. BATISTA, C. U. N.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; MEDRI, C.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. *Acta Botanica Brasílica*, v. 22, n. 1, p. 91-98, 2008. DOI. 10.1590/S0102-33062008000100012
5. BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical ecology with R**. 2ª Ed. Berlim: Springer, 2011. 339p.
6. BRASIL, Flora. 2023. **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>. Acesso em 04 de março de 2023.
7. CAMPOS, É. P. D.; VIEIRA, M. F.; SILVA, A. F. D.; MARTINS, S. V.; CARMO, F. M. D. S.; MOURA, V. M.; RIBEIRO, A. S. D. S. Chuva de sementes em floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v. 23, p. 451-458, 2009. DOI. 10.1590/S0102-33062009000200017
8. CAMPOS, J. B.; SOUZA, M. C. Vegetação. In: VAZZOLER A. E. A. de M., AGOSTINHO A. A.; HAHN N. S. (Ed.), **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. 1ª Ed. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá EDUEM, 1997. p. 331-342.
9. CAMPOS, J. B.; ROMAGNOLO, M.B.; SOUZA, M. C. Structure, composition and spatial distribution of tree species in a remnant of the semideciduous seasonal Alluvial Forest of 28 the upper Paraná River Floodplain. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 43, n. 2, p. 185-194, 2000.

10. CAMPOS, J. B.; SOUZA, M. C. D. Arboreous vegetation of an alluvial riparian forest and their soil relations: Porto Rico Island, Paraná River, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, p. 137-149, 2002. DOI. 10.1590/S1516-89132002000200004
11. CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1ª Ed. Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2003. 1039p.
12. CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 2ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 627p.
13. CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 3ª Ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2008. 593p.
14. CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 4ª Ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. 644p.
15. CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 5ª Ed. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2014. 634p.
16. CASCO, S. L.; NEIFF, M.; NEIFF, J. J. Biodiversidad em ríos del litoral fluvial. Utilidad del soft-ware PULSO. **Miscelánea**, v. 14, p. 105 - 120, 2005.
17. CASCO, S. L. Distribución de la vegetación fluvial y su relación con el régimen de pulsos en el Bajo Parana. In: ACEÑOLAZA, F. G. (Ed.). **Temas de la Biodiversidad del Litoral Fluvial Argentino**. 12ª Ed. San Miguel de Tucumán: Miscelánea, Insugeo, 2004. p. 125-130.
18. CORRADINI, F. A. **Processos de Conectividade e a Vegetação Ripária do Alto Rio Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Maringá - UEM. Maringá, 2006.
19. CORRADINI, F. A.; FACHINI, M. P.; STEVAUX, J. C. Controle geomorfológico da distribuição da vegetação ripária do rio Paraná: Parte I- Unidade geomórficas da planície de inundação. **Revista Geociências-UNG-Ser**, v. 5, n. 1, p. 13-21, 2007.
20. CORRADINI, F. A.; STEVAUX, J. C.; FACHINI, M. P. Geomorfologia e distribuição da vegetação ripária na Ilha Mutum, Rio Paraná-PR/MS. **Geociências**, v. 27, n. 3, p. 345-354. 2008.
21. DA CRUZ, M. P.; CAMPOS, J. B. Regime de inundação e a regeneração arbórea em duas áreas florestais na Planície alagável do alto Rio Paraná. **Biotemas**, v. 26, n. 3, p. 71-82, 2013. DOI. 10.5007/2175-7925.2013v26n3p71
22. DA CRUZ, M. P.; CAMPOS, J. B. Estrutura e composição do estrato herbáceo-arbustivo em duas áreas florestais com diferentes idades de recuperação, na Planície de Inundação do Alto Rio Paraná. **Ambiência**, v. 11, n. 2, p. 375-392, 2015. DOI. 10.5935/ambiencia.2015.02.08
23. DURIGAN, G. Métodos para análise e vegetação arbórea. In: CULLEN JR., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUAS, C. (Orgs.). **Métodos de estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. 2º ed. Curitiba: Ed. Universidade federal do paraná, 2006. p 455-479.
24. EMBRAPA. Serviço Nacional do Levantamento e Conservação dos solos. **Mapas de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1981. Escala 1:5.000.000.000.
25. FERNANDEZ, O. V. Q.; DOS SANTOS, M. L.; STEVAUX, J. C. Evolução e características faciológicas de um conjunto de ilhas no rio Paraná, região de Porto Rico (PR). **Boletim de Geografia**, v. 11, n. 1, p. 5 – 15, 1993.
26. FIDALGO, O; BONONI, V. L. R. **Manual prático de coleta, herborização e preservação**. 1ª Ed. Instituto de Botânica do Estado de São Paulo, São Paulo, 1984. 61p.
27. FRAGAL, E. H.; ALVES, F. C.; SOUZA FILHO, E. E. A influência da inundação na dinâmica da vegetação da planície fluvial do Alto Rio Paraná em 2007. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 3, p. 299-310, 2012. DOI. 10.20502/rbg.v13i3.229
28. GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H. D. F.; BEZERRA, C. L. F. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta mesófila semidecídua no município de Guarulhos, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 55, n. 4, p. 753-767, 1995.
29. GIACOSA, R.; PAOLI, C.; CACIK, P. Conocimiento del Régimen Hidrológico, In: PAOLI, C.; SCHREIDER, M. (Ed.). **El río Paraná en su Tramo Medio: Contribución al conocimiento y prácticasingenierillesenungranríode llanura**. 1ª Ed. Santa Fé: Universidad Nacional del Litoral, 2000. p. 69–103.
30. HOWE, H. F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual review of ecology and systematics**, v. 13, n. 1, p. 201-228, 1982. DOI. 10.1146/annurev.es.13.110182.001221
31. HUANG, H. Q.; G. C. NANSON. 2007. Why some alluvial rivers develop an anabranching pattern, **Water Resources Research**, v. 43, n. 7, p. 1 – 12, 2007. DOI. 10.1029/2006WR005223
32. IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Manuais técnicos em geociências, 2012. 272p.
33. JUNK, W. J.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Canadian special publication of fisheries and aquatic sciences**, v. 106, n. 1, p. 110 -127, 1989.
34. JUNK, W. J.; DA CUNHA, C. N.; THOMAZ, S. M.; AGOSTINHO, A. A.; FERREIRA, F. A.; DE SOUZA FILHO, E. E.; KAWAKITA, K. Macrohabitat classification of wetlands as a powerful tool for management and protection: The example of the Paraná River floodplain, Brazil. **Ecohydrology & Hydrobiology**, 2021. DOI. 10.1016/j.ecohyd.2021.05.006

35. KAWAKITA, K.; SOUZA, M. C. Levantamento florístico e fitofisionomia da lagoa Figueira e seu entorno, planície alagável do alto rio Paraná, Porto Rico, Estado do Paraná, Brasil. *ActaScientiarum. Biological Sciences*, v. 25, n. 1, p. 145-155, 2003. DOI. 10.4025/actascibiols.v25i1.2091
36. KAWAKITA, K.; FONTANA, A. C.; GARCIA, J. M.; RODRIGUES, R. S.; FILGUEIRAS, T. S. Poaceae em uma planície de inundação no Brasil: distribuição espacial e conservação. *Rodriguésia*, v. 69, p. 577-594, 2018. DOI. 10.1590/2175-7860201869223
37. LATRUBESSE, E. M. Patterns of anabranching channels: The ultimate end-member adjustment of mega rivers. *Geomorphology*, v. 101, n 1-2, p.130-145, 2008. DOI. 10.1016/j.geomorph.2008.05.035
38. LEGENDRE, P.; OKSANEN, J.; TER BRAAK, C. J. F. Testing the significance of canonical axes in redundancy analysis. *Methods in Ecology and Evolution*, v. 2, n. 3, p. 269-277, 2011. DOI. 10.1111/j.2041-210X.2010.00078.x
39. LEGENDRE, P.; BORCARD, D. Box–Cox–chord transformations for community composition data prior to beta diversity analysis. *Ecography*, v. 41, n. 11, p. 1820-1824, 2018. DOI. 10.1111/ecog.03498
40. LELL, I. T. 2015. **Gênese, evolução e geomorfologia das ilhas e planície de inundação do alto Rio Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015. 129p.
41. LELL, I. T.; STEVAUX, J. C.; ASSINE, M. L. Genesis and sedimentary record of blind channel and islands of the anabranching river: An evolution model. *Geomorphology*, v. 302, p. 35-45, 2018. DOI. 10.1016/j.geomorph.2020.107118
42. LELL, I. T.; STEVAUX, J. C.; ASSINE, M. L. Origin, evolution, and sedimentary records of islands in large anabranching tropical rivers: The case of the Upper Paraná River, Brazil. *Geomorphology*, v. 358, p. 107 - 118, 2020. DOI. 10.1016/j.geomorph.2020.107118
43. LELL, I. T.; STEVAUX, J. C.; ASSINE, M. L. Architecture, sedimentary facies and chronology of a composite island: A model from the Upper Paraná River, Brazil. *Geomorphology*, v. 372, p. 1 - 10, 2021a. DOI. 10.1016/j.geomorph.2020.107457
44. LELL, I. T.; HAYAKAWA, E. H., SANTOS, V. C.; STEVAUX, J. C. Island and anabranching generation processes – a comparative review in the upper Paraná River. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 22, n. 1, p. 103 – 120, 2021b. DOI. 10.20502/rbg.v22i1.1830
45. LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Vol1 1, 5ª Ed. São Paulo: Nova Odessa, 2008. 348p.
46. LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Vol 2, 3ª Ed. São Paulo: Nova Odessa, 2009a 384p.
47. LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. Vol 3, 1ª Ed. São Paulo: Nova Odessa, 2009b. 384p.
48. MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. 3ª Ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.
49. MACHADO, N.G. **Efeitos da Inundação sobre Solo e Vegetação com Dominância de Vochysia divergens POHL no Pantanal Mato-Grossense**. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Cuiába, 2013. 75p.
50. MARCHETTI, Z. Y.; ACEÑOLAZA, P. G. Vegetation communities and their relationship with the pulse regime on islands of the Middle Paraná River, Argentina. *Iheringia, Sér. Bot*, v. 66, n. 2, p. 209-226, 2011.
51. MARCHETTI, Z. Y.; ACEÑOLAZA, P. G. Pulse regime and vegetation communities in fluvial systems: The case of the Parana River floodplain, Argentina. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 207, n. 11, p. 795-804, 2012. DOI. 10.1016/j.flora.2012.09.004
52. MARCHETTI, Z. Y.; LATRUBESSE, E. M.; PEREIRA, M. S.; RAMONELL, C. G. Vegetation and its relationship with geomorphologic units in the Parana River floodplain, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 46, p. 122-136, 2013. DOI. 10.1016/j.jsames.2013.03.010
53. METZGER, J. P.; BERNACCI, L. C.; GOLDENBERG, R. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths (SE Brazil). *Plant Ecology*, v. 133, n. 2, p. 135-152, 1997.
54. MONTERO, J. C.; LATRUBESSE, E. M. The igapó of the Negro River in central Amazonia: Linking late-successional inundation forest with fluvial geomorphology. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 46, p. 137-149, 2013. DOI. 10.1016/j.jsames.2013.05.009
55. NANSON, G. C.; GIBLING, M. Anabranching and Anastomosing River, In: GOUDIE, S. A. (Ed.) **Encyclopedia of Geomorphology**. 2ª Ed. New York, Routledge. 2006. p. 21-25.
56. NEARY, V. S. Riparian vegetation and fluvial geomorphology: problems and opportunities. **Riparian Vegetation and Fluvial**, vol. 8 p. 1-10, 2004. DOI. 10.1029/008WSA01
57. NEIFF, J. J. Ideas para la interpretación ecológica del Paraná. *Interciencia*, v. 15, n. 6, p. 424-441, 1990.

58. NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. D. S.; PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná**. 1ª Ed. Londrina, PR: IAPAR, 2019. 210p.
59. NUNES, Y. R. F.; MENDONÇA, A. V. R.; BOTOZELLI, L.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. D. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. **Acta botânica brasílica**, v. 17, p. 213-229, 2003. DOI. 10.1590/S0102-33062003000200005
60. OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R., LEGENDRE, P.; MCGLINN, D., MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECES, E.; WAGNER, H. 2020. **Vegan: Community Ecology Package**. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
61. PELD, **Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Nível Fluviométrico da Base Avançada de Pesquisa - Porto Rico-PR**. Disponível em: http://www.peld.uem.br/peld-nivel_fluviometrico.htm. Acesso em: 22 abr. 2020.
62. PRADO-JÚNIOR, J. A.; LOPES, S. D. F.; SCHIAVINI, I.; VALE, V. S. D.; OLIVEIRA, A. P. D.; GUSSON, A. E.; STEIN, M. Fitossociologia, caracterização sucessional e síndromes de dispersão da comunidade arbórea de remanescente urbano de Floresta Estacional Semidecidual em Monte Carmelo, Minas Gerais. **Rodriguésia**, v. 63, p. 489-499, 2012. DOI. 10.1590/S2175-78602012000300001
63. R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.
64. ROBERTS, D. W. **Package 'labdsv'. Ordination and Multivariate Analysis for Ecology**. R package version 2. 0-1. 2019. <https://CRAN.R-project.org/package=labdsv>.
65. ROCHA, P.C.; SANTOS, M.L.; SOUZA FILHO, E.E. Alterações no regime hidrológico do alto rio Paraná como resposta ao controle de descargas efetuado por grandes barramentos a montante. In: VIII ENCUESTRO DE GEÓGR. DE AMÉRICA LATINA, **Anais...** Santiago-Chile, 2001. p. 28-39.
66. ROCHA, P. C.; COMUNELLO, E. Geomorfologia e áreas inundáveis na planície fluvial do Alto Rio Paraná. In: VIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. **Anais...** Curitiba, 2009, p. 60-75.
67. ROCHA, P. C. Geomorfologia e conectividade em ambientes fluviais do alto rio Paraná, Centro-Sul do Brasil. **Boletim de Geografia**, v. 28, n. 2, p. 157-176, 2010a. DOI.10.4025/bolgeogr.v28i2.10382
68. ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade & Natureza**, v. 22, p. 191 -211, 2010b. DOI. 10.1590/S1982-45132010000100014
69. RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.
70. RODRIGUES, E. D. A. **Sucessão ecológica do arquipélago Três Ilhas no setor do Alto Rio Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.
71. RODRÍGUEZ, M.; STEIGER, J.; ROSALES, J.; LARAQUE, A.; LÓPEZ, J. L.; CASTELLANOS, B.; GUERRERO, O. A. Multi-annual contemporary flood event overbank sedimentation within the vegetated lower Orinoco floodplain, Venezuela. **River Research and Applications**, v. 35, n. 8, p. 1241-1256, 2019.
72. ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, M. C. Análise florística e estrutural de florestas ripárias do alto rio Paraná, Taquaruçu, MS. **Acta Botânica Brasílica**, v. 14, n. 2, p. 163-174, 2000. DOI. 10.1590/S0102-33062000000200004
73. SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; STEVAUX, J. C. Proposição formal do alogrupo alto Rio Paraná (SP, PR e MS). **Geologia USP. Série Científica**, v. 7, n. 2, p. 49-70, 2007. DOI. 10.5327/Z1519-874x2007000200004
74. SANTANA, C. A. A.; SILVA, V. G.; SILVA, A. T. **Manual de Identificação de mudas de espécies florestais**. 2ª Ed. Rio de Janeiro, RJ: Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. 2016. 121p.
75. SANTOS, M. L. dos. **Faciologia e evolução de Barras de Canal do Rio Paraná na Região de Porto Rico-PR**. Dissertação (Mestrado) – IGCE/UNESP, Rio Claro, SP, 1991.
76. SHEPHERD, G. J. **FITOPAC**. Versão 2.1. Campinas, SP: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP. 2010.
77. SILVA, A. C.; BERG, E. V. D.; HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. D. Comparação florística de florestas inundáveis das regiões Sudeste e Sul do Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 2, p. 257-269, 2007.
78. SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; BERG, E. V. D.; NUNES, M. H.; CARVALHO, D. D. **Florestas inundáveis: ecologia, florística e adaptações das espécies**. 1ª Ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. 167p.
79. SLUSARSKI, S. R. **Avaliação temporal da estrutura de um remanescente florestal ripário na planície de inundação do alto rio Paraná, Porto Rico, Paraná, Brasil**. Tese (Doutorado), Departamento de Biologia, Universidade Estadual de Maringá - UEM, Maringá. 2009.
80. SLUSARSKI, S. R.; SOUZA, M. C. de. Inventário florístico ampliado na mata do Araldo, planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Revista de estudos ambientais**, v. 14, n. 1, p. 14-27, 2012.

81. SOUZA, M. C.; CISLINSKI, J.; ROMAGNOLO, M. B. Levantamento florístico. Pp. 343- 368. In: VAZZOLER A. E. A. M.; AGOSTINHO A. A.; HAHN N. S. (Ed.), **A planície de inundação do alto rio Paraná: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos**. 1ª Ed. Maringá, Editora da Universidade Estadual de Maringá EDUEM, 1997. p. 343 - 368.
82. SOUZA, R. F.; MACHADO, S. A.; GALVÃO, F.; FIGUEIREDO, A. Effect of environmental variables in the distribution of tree species in the Iguaçu National Park. **Revista Árvore**, v. 41, p. 1 -10, 2018. DOI. 10.1590/1806-90882017000600009
83. SOUZA-FILHO, E. E. de. **Aspectos da geologia e estratigrafia dos depósitos sedimentares do rio Paraná entre Porto Primavera (MS) e Guaíra (PR)**. Tese (Doutorado em Geociências, Geologia Sedimentar) - Instituto Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1993.
84. SOUZA FILHO, E.; FRAGAL, E. H. A influência do nível fluviométrico sobre as variações de área de água e da cobertura vegetal na planície do Alto Rio Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 1, p. 81-92, 2013. DOI. 10.20502/rbg.v14i1.378
85. SPLINK - **Sistema de Informação Distribuído para Coleções Biológicas: a Integração do Species Analyst e do SinBiota (FAPESP)**, 2016. Disponível em <<http://sblink.cria.org.br/>>. Acesso em: 20 Jul. 2019.
86. STEVAUX, J. C.; MARTINS, D. P.; MEURER, M. Changes in a large regulated tropical river: The Paraná River downstream from the Porto Primavera Dam, Brazil. **Geomorphology**, v. 113, n. 3-4, p. 230-238, 2009.
87. STEVAUX, J.C.; CORRADINI, F.A.; AQUINO, S. Connectivity processes and riparian vegetation of the upper Paraná River, Brazil. **J. S. Am. Earth Sci.**, 46, 113–121, 2013. DOI. 10.1016/j.jsames.2011.12.007
88. SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, v. 75, n. 1, p. 81-86, 1988.
89. TABARELLI, M.; PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic Forest: implications for forest regeneration. **Biological Conservation**, v. 106, n. 2, p. 165 - 176, 2002. DOI.10.1016/S0006-3207(01)00243-9
90. TAKEDA, A. M.; LANSAC-TÔHA, F. A.; AGOSTINHO, A. A. Estudos ecológicos de longa duração: reservatório de Itaipu e planície alagável do alto rio Paraná. **Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v.3, n.2, p.51-63, 2002.
91. VALE, V. D.; SCHIAVINI, I.; LOPES, S. D. F.; DIAS NETO, O. C.; OLIVEIRA, A. P.; GUSSON, A. E. Composição florística e estrutura do componente arbóreo em um remanescente primário de floresta estacional semidecidual em Araguari, Minas Gerais, Brasil. **Hoehnea**, vol. 36, n. 3, p. 417 - 429. 2009. DOI. 10.1590/S2236-89062009000300003
92. VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, L. G. Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 46, p. 150-160, 2013. DOI. 10.1016/j.jsames.2012.12.003
93. VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. 3ª Ed. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 214p.
94. YAMAMOTO, L. F.; KINOSHITA, L. S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da Floresta Estacional Semidecidual Montana, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 21, p. 553-573, 2007. DOI. 10.1590/S0102-33062007000300005
95. UMETSU, R. K.; GIRARD, P.; MATOS, D. M. S.; SILVA, C. J. Efeito da inundação lateral sobre a distribuição da vegetação ripária em um trecho do rio Cuiabá, MT. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n.5, p. 1077-1087, 2011. DOI. 10.1590/S0100-67622011000600014



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.