

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA  
INSTITUTO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM BIODIVERSIDADE  
NEOTROPICAL– NÍVEL MESTRADO

Barbara Marcele Disconzi Weber

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA DOS  
FRAGMENTOS FLORESTAIS URBANOS DO MUNICÍPIO DE FOZ DO  
IGUAÇU, PARANÁ**

Orientadora: Dra. Laura Cristina Pires Lima (UNILA/ILACVN)

Coorientadora: Dra. Ana Alice Aguiar Eleutério (UNILA/ILAESP)

FOZ DO IGUAÇU-PR

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO AMERICANA  
INSTITUTO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA  
QUALIFICAÇÃO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM  
BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL– NÍVEL MESTRADO

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA DOS FRAGMENTOS  
FLORESTAIS URBANOS DO MUNICÍPIO DE FOZ DO IGUAÇU, PARANÁ**

**BARBARA MARCELE DISCONZI WEBER**

**Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Integração Latino-Americana, como parte do requisito  
do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade  
Neotropical e Evolução, para a obtenção do título de  
Mestre**

**Orientadora: Dra. Laura Cristina Pires Lima**

**Coorientadora: Dra. Ana Alice Aguiar Eleutério**

FOZ DO IGUAÇU-PR

2025

## AGRADECIMENTO

À minha orientadora e coorientadora, Laura Cristina Lima e Ana Alice Eleutério, por seus valiosos ensinamentos, dedicação e confiança ao longo dessa jornada. Sou imensamente grata por terem acreditado no meu trabalho e contribuído de forma tão significativa para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

A Laura Cristina Lima, por contagiar todos ao redor com seu amor pela botânica, uma paixão que me inspirou profundamente ao longo desse processo. À Ana Alice Eleutério, pela dedicação em abordar a ecologia com tanto cuidado e pela maneira inspiradora com que me desafiou a dar o meu melhor.

Aos brilhantes professores do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical, por compartilharem seus vastos conhecimentos e no guiarem com maestria na exploração das fronteiras do saber.

Agradeço ao professor José Carlos Torezan pelas contribuições iniciais na concepção do projeto, que foram fundamentais para a estruturação desta pesquisa. Sua experiência e conhecimento trouxeram insights valiosos para a construção do estudo.

À banca de projeto e à banca de qualificação, meu profundo reconhecimento pelas sugestões e questionamentos que contribuíram para o enriquecimento científico deste trabalho. As discussões e recomendações foram essenciais para aprimorar a metodologia e a análise dos resultados, tornando esta dissertação mais consistente e relevante.

Aos colegas da graduação que me acompanharam em campo, em especial Ana Beatriz Monteiro e Rodrigo César, cuja dedicação e entusiasmo foram indispensáveis, sem dúvida não conseguiria terminar o trabalho sem vocês e que certamente terão um futuro brilhante, estarei sempre na torcida.

Aos colegas do curso de mestrado, pelo apoio constante e pelos momentos de incentivo, especialmente nos períodos mais desafiadores. Contar com vocês foi essencial para superar as dificuldades e seguir em frente.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Neotropical da UNILA, por me proporcionar a oportunidade de aperfeiçoar meu conhecimento e desenvolvimento profissional, e à CAPES pelo suporte financeiro através da bolsa concedida.

E por fim, não menos importante, agradeço aos meus amigos e à minha família, que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo apoio, carinho e incentivo muito antes de eu ingressar neste programa, e que continuam torcendo por mim em cada etapa da minha jornada. Sem vocês, nada disso faria sentido. Cada conquista minha é também de vocês. Obrigada por acreditarem em mim, mesmo nos momentos em que eu mesma duvidei.

## Sumário

INTRODUÇÃO GERAL .....	1
REFERÊNCIAS .....	10
AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA EM FLORESTAS URBANAS: UM ESTUDO DE CASO NO OESTE DO PARANÁ, BRASIL .....	15
RESUMO .....	15
INTRODUÇÃO.....	16
MATERIAL E MÉTODOS.....	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
CONCLUSÕES .....	34
AGRADECIMENTOS.....	35
REFERÊNCIAS .....	35
APÊNDICES.....	41

## INTRODUÇÃO GERAL

### Histórico do Índice de Integridade da Biótica

A famosa frase de Aldo Leopold (1949): "*Uma coisa está correta quando tende a preservar a integridade, estabilidade e beleza da comunidade biótica. Está errada quando tende ao contrário*" (p. 224-225), inspirou o conceito de integridade ecológica, amplamente utilizado em estudos ecológicos para compreender o estado de conservação de diferentes ambientes naturais (Karr et al., 2022; LaPaix et al., 2009). Karr e Dudley (1981) definiram integridade ecológica, usada aqui como sinônimo de integridade biótica, como a capacidade de um ecossistema de sustentar e manter um sistema biológico equilibrado, integrado e adaptativo, contendo os elementos e processos esperados no habitat natural de uma região.

Para avaliar a integridade biótica dos ecossistemas, Karr (1981) propôs o Índice de Integridade Biótica (IIB), estabelecendo um índice multimétrico amplamente utilizado para avaliar a saúde de ambientes naturais e identificar transformações ambientais ao longo do tempo (Ruaro e Gubiani, 2013).

Apesar de debates sobre a eficácia desse modelo na avaliação da qualidade ambiental de um ecossistema (Bridgewater et al., 2014; Rohwer e Marris, 2021), muitos estudiosos defendem a relevância do seu uso para avaliar a saúde dos ecossistemas e orientar decisões de conservação, especialmente diante das mudanças climáticas (Ruaro et al., 2020). LaPaix et al. (2009) destacam que, embora haja julgamentos de valor envolvido na eficácia no uso de índices para determinar o estado de um ambiente, há um consenso de que os ecossistemas com altos níveis de integridade ecológica são aqueles com baixa exposição a estressores humanos e com uma organização natural autossustentada. Destaca-se também que esses estudos não podem, e nem têm como objetivo, substituir estudos de longo prazo e inventários científicos, mas podem ser utilizados para ampliar a aplicação geográfica desses estudos e inventários, cujos orçamentos e cronogramas podem ser restritivos (Sutula et al. 2006; Medeiros e Torezan, 2013).

O uso de índices multimétricos para avaliar a integridade de habitats naturais tem sido amplamente adotado em todo o mundo, abrangendo diversos tipos de ambientes, como rios, lagos, recifes de coral e florestas, além de diferentes grupos taxonômicos, como peixes, macroinvertebrados, plantas vasculares, algas, aves e anfíbios (Karr, 2022).

No Brasil, Medeiros e Torezan (2013) foram pioneiros ao criar uma tabela

simplificada com variáveis que, quando analisadas em conjunto, podem revelar a condição de fragmentos florestais. Graciano-Silva et al. (2018) adaptaram esse método para avaliar áreas urbanas no interior de São Paulo, demonstrando sua versatilidade. Além disso, outros autores têm utilizado o IIB em diferentes contextos, ampliando sua aplicabilidade na conservação de ecossistemas e se mostrando uma possível ferramenta de apoio à gestão ambiental (Giacon et al., 2022; Nahssen et al., 2022; Galvani et al., 2020).

Neste contexto, o presente estudo buscou avaliar a integridade biótica dos fragmentos florestais urbanos de Foz do Iguaçu, Paraná, por meio da aplicação do índice de integridade biótica adaptado para região, com o objetivo de analisar como as variáveis observadas influenciam nas condições encontradas nesses fragmentos. A abordagem deste estudo teve como foco a descrição e análise da vegetação, não apenas por ser uma representação evidente de ecossistemas, mas também por constituir a base da cadeia trófica, resultado da produção primária, e por fornecer o habitat essencial para a sobrevivência de inúmeros organismos (Kent e Coker, 1992). Ademais o estudo busca fornecer dados ecológicos e florísticos atuais, além de propor uma metodologia de monitoramento dessas áreas a fim de que essas informações e ferramentas possam ser integradas ao Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA) do município.

## **Desafios e Estratégias para a Conservação da Mata Atlântica**

A Mata Atlântica é considerada um dos *hotspots* de biodiversidade do planeta, devido à sua rica diversidade biológica e alta taxa de endemismo de plantas e vertebrados (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2004). Localizada em uma região que abriga 72% da população brasileira e concentra 80% do PIB nacional, restam hoje apenas 24% de sua cobertura original, sendo que apenas 12,4% correspondem a florestas maduras e bem preservadas (Fundação SOS Mata Atlântica e INPE, 2022; Rezende et al., 2018; Marques et al., 2021).

As principais ameaças a esse bioma incluem agricultura, pecuária, fragmentação de áreas protegidas, industrialização e expansão urbana desordenada (Ferreira et al., 2019; Carlucci et al., 2021). Além disso, fatores como mudanças climáticas e a introdução de espécies invasoras impactam diretamente a quantidade, qualidade e conectividade dos fragmentos remanescentes, comprometendo sua capacidade de garantir a preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (Haddad et al., 2015; Marques et al., 2021).

No entanto, as cidades têm o potencial de desempenhar um papel importante na conservação da Mata Atlântica. Por meio de iniciativas como a preservação e conservação

de espécies e habitats, a criação de corredores ecológicos para conectar fragmentos, a integração do planejamento ambiental urbano e o fortalecimento da conscientização e sensibilização dos moradores, pode-se reduzir as ameaças ao bioma ao promover a sua resiliência e conectividade ecológica (Knapp et al., 2021; Rega-Brodsky et al., 2022).

A ecologia urbana tem ganhado destaque em estudos ecológicos e ambientais (Byrne, 2024; Shackleton et al., 2021). Contudo, ainda há lacunas significativas no conhecimento sobre as espécies que habitam áreas urbanas e os fatores que promovem sua persistência, adaptação e estabelecimento (Lepczyk et al., 2017; Rivkin et al., 2019). A pesquisa em biodiversidade urbana é, portanto, essencial para compreender o impacto das atividades humanas na ecologia e evolução das espécies, permitindo o desenvolvimento de iniciativas de conservação destinadas a mitigar a perda de biodiversidade (MCKinney, 2002; Alberti, 2010; Rega-Brodsky et al., 2022).

No Brasil, municípios com remanescente da Mata Atlântica podem promover a conservação e recuperação da vegetação nativa por meio do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), conforme a Lei nº 11.428/2006 e regulamentado pelo Decreto Federal nº 6.660/2008 (Brasil, 2008), que exige diagnósticos, mapeamento, identificação de vetores de desmatamento e ações sustentáveis (Aguiar e Steinmetz, 2013).

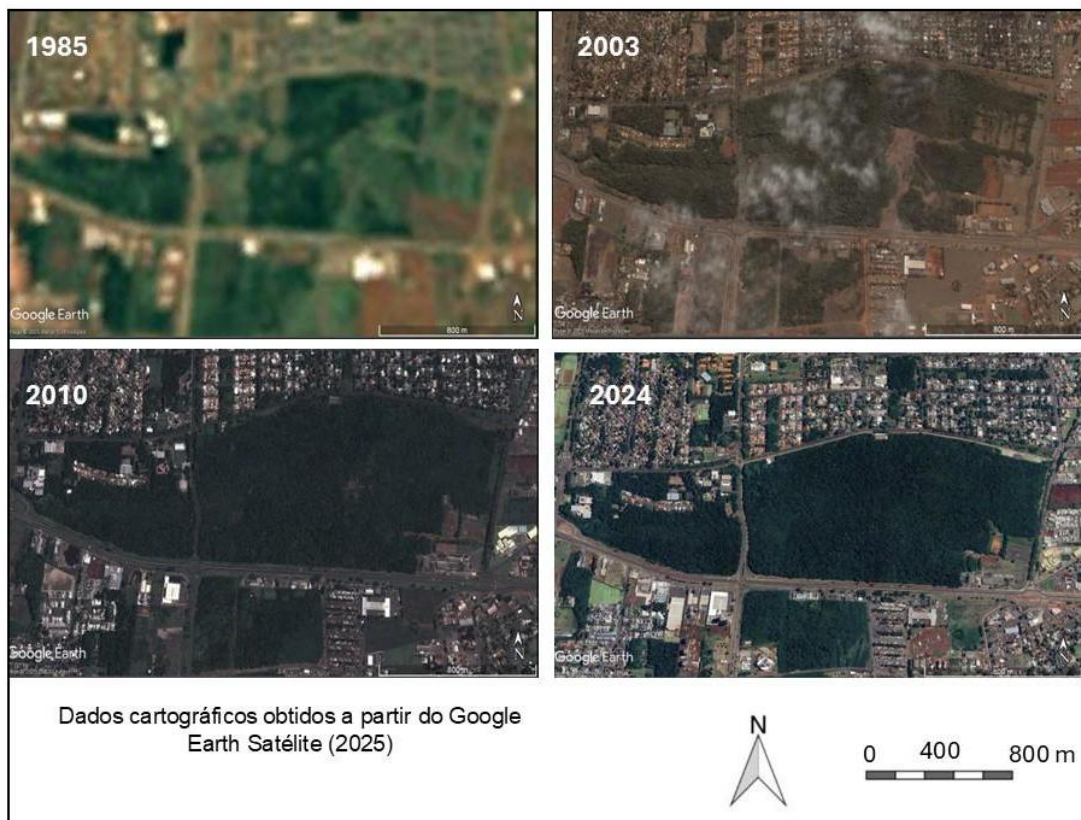
### **Histórico dos fragmentos urbanos selecionados no presente estudo**

O PMMA de Foz do Iguaçu foi elaborado seguindo diretrizes legais e com participação de diversas entidades e atores locais (Espinoza et al., 2019). O documento identificou 22 áreas prioritárias para conservação, regeneração da vegetação e manutenção dos serviços ecossistêmicos, destacando fatores de degradação como agricultura extensiva, pecuária, extração ilegal de madeira e expansão urbana (PMMA, 2020).

Das áreas identificadas, apenas uma pertence ao município, duas à União e as demais possuem múltiplos proprietários particulares, o que dificulta a gestão sustentável (PMMA, 2020). Neste estudo, cinco áreas foram selecionadas para aplicação do Índice de Integridade Biótica: Trilha do Vietnã, Marco das 3 Fronteiras e Horto Municipal (já incluídas no PMMA); Bosque dos Macacos (em processo de inclusão); e Mata Verde (não incluída no PMMA). O Horto Municipal e o Bosque dos Macacos, além de serem áreas prioritárias para o PMMA, também são consideradas unidades de conservação municipal, garantindo

ações integradas de manutenção, conservação e proteção dessas áreas (Foz do Iguaçu, 2024).

A partir de imagens de satélites do *Google Engine*, é possível analisar o histórico recente de cada área de estudo. A Trilha do Vietnã corresponde ao maior fragmento à direita das imagens (Figura 1), com 101 ha. É possível analisar que na década de 80 esta área encontrava-se majoritariamente desmatada, com a vegetação restrita a pequenas porções desconectadas e vem passando por um processo de regeneração caracterizando-se como uma floresta secundária, e não primária.



Fonte: A autora (2025)

Figura 1. *Time lapse*, a partir da década de 80 até 2024. Feito a partir do Google Engine da área Vietnã.

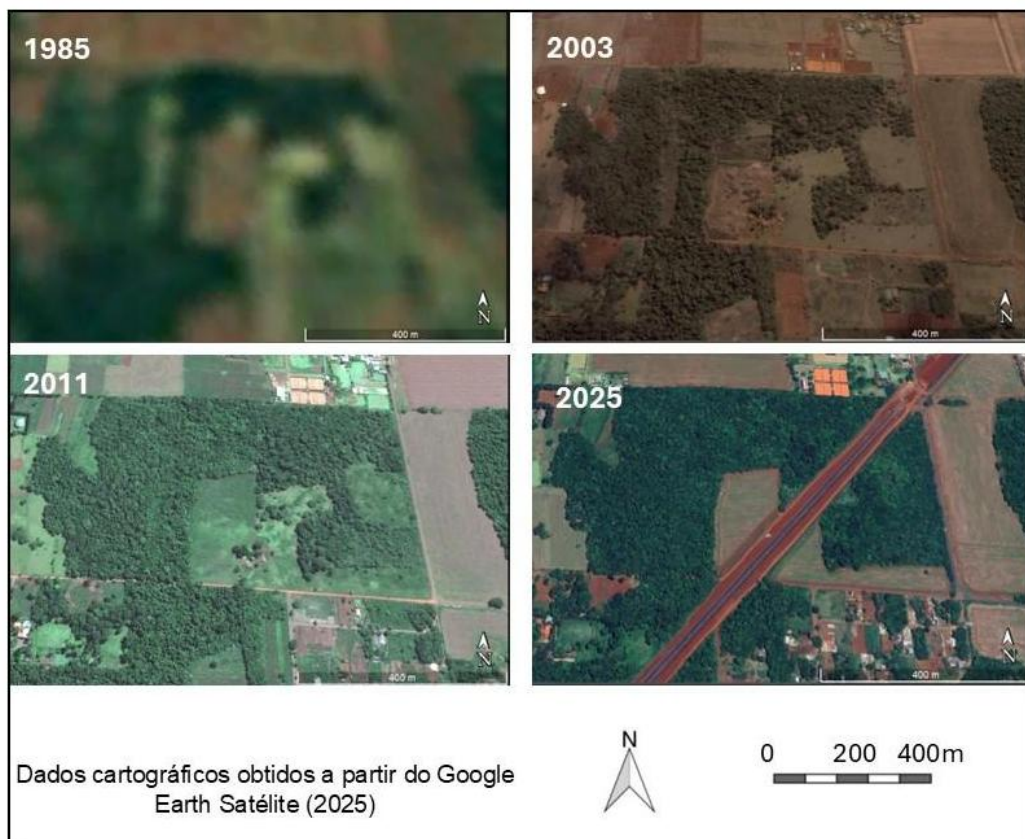
Não existem registros sobre o tipo de intervenção realizada na área, como um possível projeto de reflorestamento ou a relação de espécies utilizadas. Contudo, é sabido que, no planejamento do bairro ao redor desse fragmento (Vila A), diversas áreas foram designadas para fins de preservação como áreas verdes, conforme apontado por Rammé e Pina (2019) ao analisar o histórico de sua construção.

Segundo Perucci (2024), há relatos de funcionários da Itaipu que mencionam que alguns anos atrás havia plantios esporádicos de árvores e a existência temporária de um

horto na região, embora não existam registros documentados dessas atividades, o que pode explicar a ocorrência de espécies exóticas ornamentais encontradas no local.

A área Mata Verde é o único fragmento florestal, das áreas estudadas, que não está listada como área prioritária para conservação no PMMA. A área tem 27 ha e abriga espécies importantes para a conservação com características de estágio sucessional avançado como *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae) e *Cedrela fissilis* (Meliaceae), segundo estudo de Munaro (2022). Essas espécies, que segundo a Lista Vermelha da Flora Brasileira (CNCFlora, 2012), encontram-se quase ameaçada de extinção e vulnerável, respectivamente, para a Floresta Estacional Semidecidual.

Pelas imagens de satélite (Figura 2) é possível verificar que a área passou por um processo de regeneração desde 1980, contudo, em Março de 2021 a área foi impactada pela obra da Rodovia Perimetral Leste, a qual exigiu a derrubada de 1,20 ha. de vegetação nativa e dividiu o fragmento em dois (Paraná, 2021; Paro, 2023).



Fonte: A autora (2025)

Figura 2. *Time lapse*, a partir da década de 80 até 2025. Feito a partir do Google Engine da Área Mata Verde

Pelas imagens foi possível perceber também que o fragmento passou de uma matriz predominantemente rural para uma matriz urbana ao longo das décadas, aumentando as pressões antrópicas em seu entorno.

É importante destacar que esta área está situada a apenas 11 quilômetros do Parque Nacional do Iguaçu, o maior remanescente de Mata Atlântica no interior do Brasil (Souza et al., 2017; Brocardo et al., 2019). Junto com outros fragmentos florestais da região, essa proximidade contribui para a formação de uma conectividade essencial para a conservação da biodiversidade. Para de La Fuente et al. (2018), a conectividade entre as Áreas Protegidas (APs) e outros remanescentes florestais em paisagens antrópicas tornou-se essencial para minimizar os efeitos adversos da fragmentação de habitats sobre a biodiversidade, garantindo a persistência das espécies na paisagem por meio da dispersão de animais, sementes e pólen. Conectar essas APs com outros elementos naturais nas paisagens urbanas e perturbadas, como corredores ripários, pequenos fragmentos florestais e espaços verdes, é crucial para a integridade ecológica das APs (Trzyna, 2014).

A área Marco das Três Fronteiras (Figura 3) está localizada na confluência dos rios Paraná e Iguaçu, marcando o encontro entre Brasil, Argentina e Paraguai, o que dá nome ao fragmento, apresenta extensão de 60 hectares.

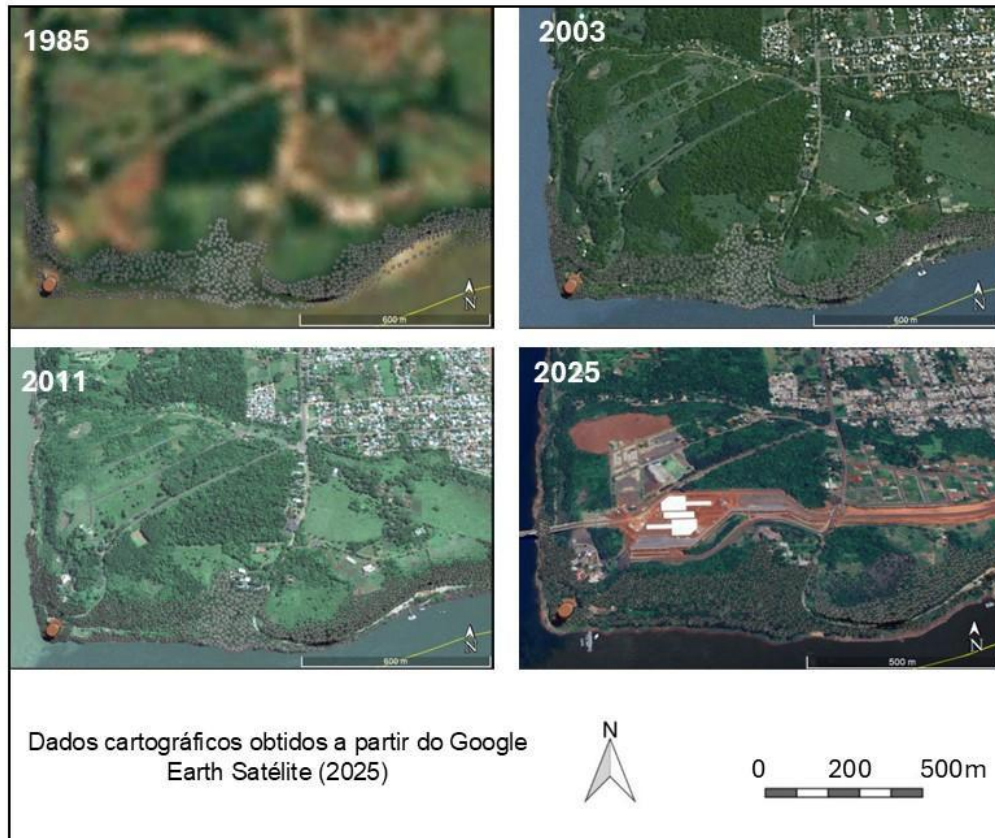


Figura 3. *Time lapse*, a partir da década de 80 até 2025. Feito a partir do Google Engine da A área Marco das Três Fronteiras.

Esse local possui grande relevância cultural e histórica, remontando a 1903, quando o marco (obelisco) foi construído para fortalecer as relações entre os países vizinhos. Reconhecido como uma atração turística emblemática de Foz do Iguaçu, o espaço limitado ao obelisco passou por um processo de concessão em 2015, voltado à sua revitalização e gestão turística. Em 2021, um novo atrativo turístico foi inaugurado na área: a roda-gigante Yup Star. No ano seguinte, em 2022, ocorreu a inauguração da segunda ponte entre Brasil e Paraguai, acompanhada pela continuidade das obras da Rodovia Perimetral Leste, que geraram impactos significativos nesse fragmento, conforme ilustrado na Figura 3.

O local abrigou diversas construções públicas como a antiga Portobrás e habitações, fator pelo qual sua vegetação é composta por indivíduos de formação secundária, mas com o predomínio de um grande número de espécies exóticas (PMMA, 2020).

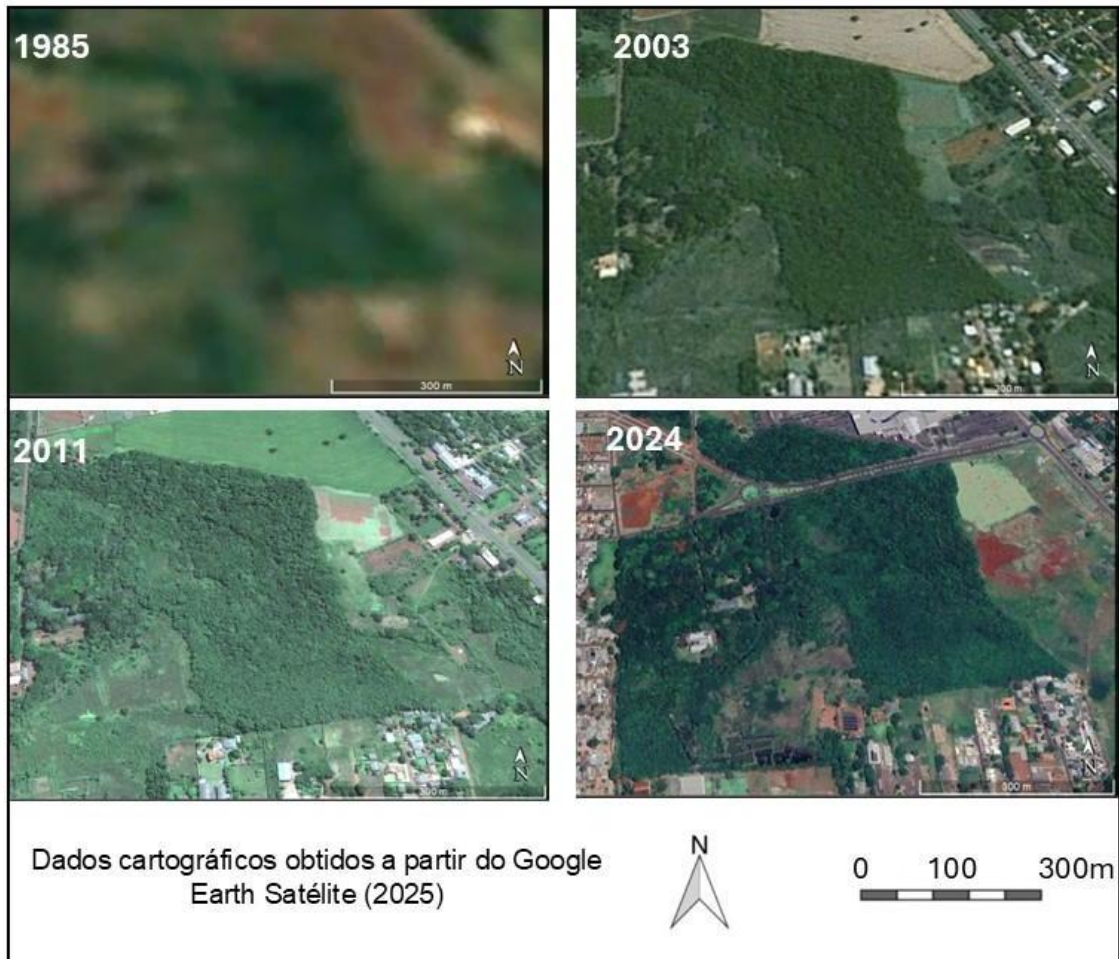
As imagens de satélite revelam que a área vinha experimentando um processo de regeneração ao longo das últimas décadas. No entanto, com a implementação de novos empreendimentos, parte dessa vegetação foi suprimida, resultando em um aumento significativo das pressões antrópicas sobre o fragmento.

Não foram encontrados estudos florísticos ou ecológicos realizados nessa área, assim como, até o momento, não foram encontradas matérias jornalísticas que documentem os impactos específicos das obras da Rodovia Perimetral Leste na área.

A área Horto Municipal de Foz do Iguaçu e o remanescente no entorno, a área total possui 29 hectares onde parte é de propriedade do município e o restante em terrenos privados de diferentes proprietários (PMMA, 2020). O Horto municipal realiza a produção de mudas e o armazenamento temporário de espécies arbóreas provenientes de compensações ambientais, destinadas ao plantio na cidade ou à doação para os municípios (Foz do Iguaçu, 2019; PMFI, 2022). O local também é utilizado para atividades relacionadas à conservação, educação ambiental e sustentabilidade, oferecendo infraestrutura para estudos, geração de dados científicos e acolhimento de entidades de pesquisa focadas na flora em geral (PMFI, 2020a).

Esse fragmento apresenta, em alguns trechos, estágio avançado de sucessão ecológica, abrigando uma diversidade de espécies nativas, além de exóticas (PMMA, 2020). Em um estudo florístico conduzido por Vieira (2022), foram identificadas as espécies arbóreas da área e avaliado o potencial das espécies nativas para a arborização urbana, destacando os serviços ecossistêmicos que oferecem, culminando em uma lista de espécies recomendadas para a arborização de vias e espaços públicos do município.

Imagens de satélite (Figura 4) mostram que a área vem passando por um processo de regeneração ao longo dos anos. Contudo, impactos recentes são evidentes, como a construção de uma avenida em 2016, que dividiu parte do fragmento. Também são observadas outras intervenções no interior da área, embora não haja registros que detalhem quais foram essas alterações.



Fonte: A autora (2025)

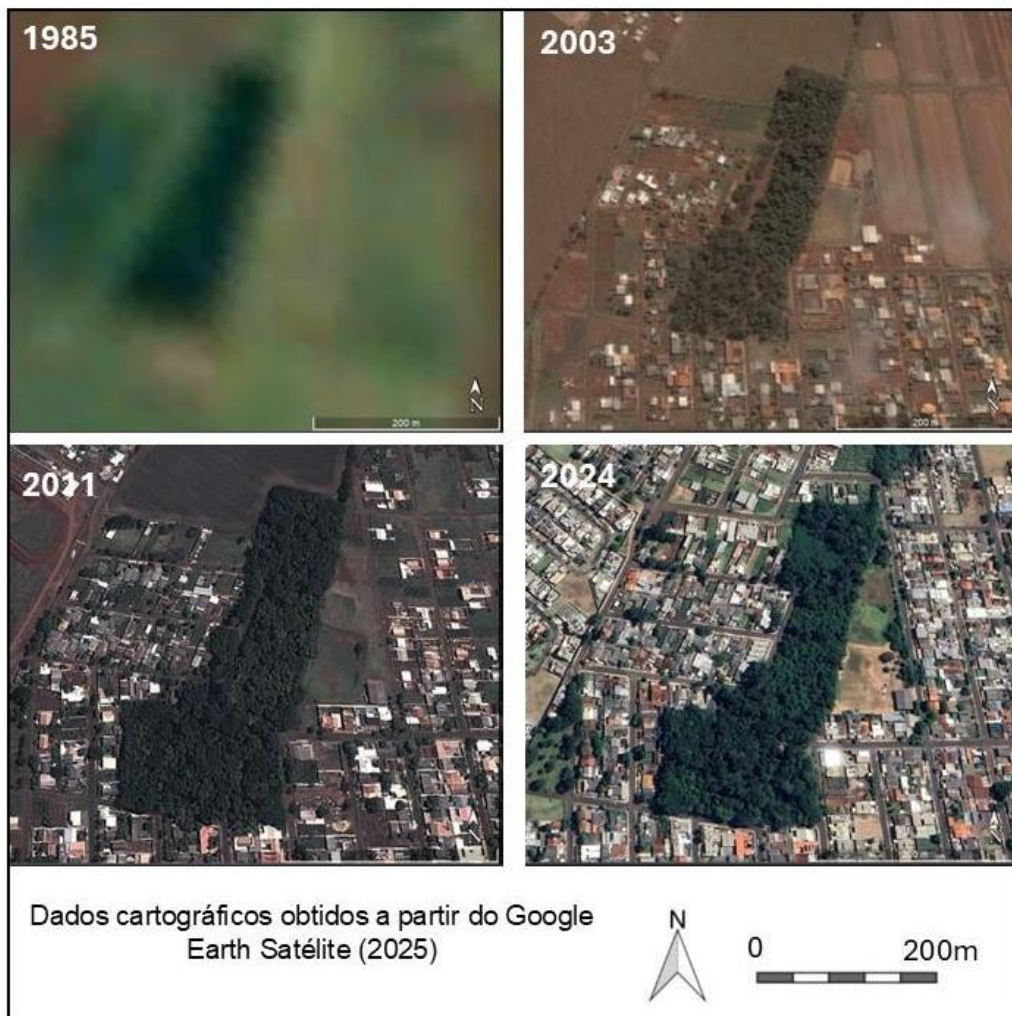
Figura 4. *Time lapse*, a partir da década de 80 até 2024. Feito a partir do Google Engine da Área Horto

O Horto municipal é uma Unidade de Conservação Municipal, instituída pelo decreto municipal 28.348/2020 que determina que as áreas enquadradas nessa categoria têm o objetivo de preservar a biodiversidade, os recursos naturais e os serviços ecossistêmicos em nível local. Contudo, não há registros que indiquem qualquer ação específica por parte do município para proteger essa área, além de sua inclusão no PMMA.

A área Bosque dos Macacos, com 4,75 hectares, é a menor entre as áreas analisadas no estudo. Das 22 áreas identificadas como prioritárias para conservação pelo

PMMA, apenas duas são Unidades de Conservação, sendo esta uma delas. Instituída pelo Decreto Municipal nº 31.349/2023.

De acordo com imagens de satélite do local (Figura 5), a área apresentou pouca alteração ao longo do tempo. No entanto, em 2023, um decreto promoveu a desapropriação de mais de 3 mil metros quadrados de propriedades particulares, resultando em uma discreta ampliação do fragmento.



Fonte: A autora (2025)

Figura 5. *Time lapse*, a partir da década de 80 até 2024. Feito a partir do Google Engine da Área Bosque dos macacos.

Essa área abriga uma população de macacos-prego (*Sapajus* spp.), que deu origem ao nome do local, Bosque dos Macacos. De acordo com Gonçalves et al. (2022), em seu estudo sobre a dieta desses primatas na região, foi constatado que, na estação seca, cerca de 70% de sua alimentação é proveniente de fontes antrópicas. Mesmo durante a estação úmida, quando há maior disponibilidade de alimentos naturais, os macacos continuam

apresentando uma dependência significativa desses recursos, evidenciando uma relação intermediária com alimentos associados à atividade humana.

Em um outro estudo feito na área, algumas sugestões de manejo foram propostas como o cercamento da área com locais de acesso específicos, a fim de diminuir a incidência de descarte de lixo pela área, educação ambiental com a população local e o enriquecimento ambiental com plantas nativas, especialmente aquelas que possam servir de alimento aos animais, além da retirada de plantas exóticas (Sandri, 2024).

A comunidade local, conforme relatos dos moradores, luta há mais de 20 anos por melhorias na área. Entre os principais problemas ambientais apontados está o acúmulo de lixo, que frequentemente é espalhado pelos próprios macacos. Além disso, é comum que visitantes, incluindo turistas, entrem no espaço para alimentar os animais, o que intensifica os desafios relacionados ao manejo e à conservação do fragmento.

Apesar de essa área ser reconhecida como uma Unidade de Conservação municipal e estar listada como uma área prioritária no Plano Municipal de Meio Ambiente (PMMA), não há registros de ações específicas ou efetivas realizadas pelo município para assegurar sua proteção. Essa ausência de iniciativas direcionadas representa uma importante lacuna na gestão ambiental local, comprometendo tanto a conservação do fragmento quanto a sobrevivência da população de macacos-prego, além de colocar em risco a manutenção dos serviços ecossistêmicos vitais associados a essa área.

## REFERÊNCIAS

ALBERTI, M. Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 3, p. 178-184, 2010.

BRASIL. \*Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008\*. Regulamenta a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 nov. 2008.

BRIDGEWATER, P. et al. Ecological integrity: a relevant concept for international environmental law in the Anthropocene? **Yearbook of International Environmental Law**, v. 25, n. 1, p. 61-78, 2014.

BROCARDI, C.R. et al. Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. **Oecologia australis**, v. 23, n. 2, p. 165-190, 2019.

BYRNE, J. Urban ecology. In: The Encyclopedia of Human Geography. Cham: **Springer International Publishing**, 2024. p. 1-6.

CARLUCCI, M.B. et al. The southern Atlantic Forest: use, degradation, and perspectives for conservation. **In: The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats And Opportunities Of The Mega-Diverse Forest.** [S.l.]: [s.n.], 2021. p. 91-111.

CNCFlora. Lista Vermelha da flora brasileira. 2012. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aspidosperma polyneuron](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aspidosperma_polyneuron)>. Acesso em 23 nov. 2024.

DE LA FUENTE, B. et al. Natura 2000 sites, public forests and riparian corridors: The connectivity backbone of forest green infrastructure. **Land use policy**, v. 75, p. 429-441, 2018.

ESPINOZA, J.O. et al. Elaboração Do Plano Municipal De Mata Atlântica (Pmma) De Foz Do Iguaçu: Balanço De Um Processo. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 1, n. 1. 2019. p.239-243.

FERREIRA, I.J.M. et al. Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in southern Brazil. **Southern Forests: A Journal of Forest Science**, v. 81, n. 2, p. 175-184, 2019.

FOZ DO IGUAÇU. Lei Complementar nº 427, de 22 de abril de 2024. Altera e acresce dispositivos na Lei Complementar nº 342, de 18 de dezembro de 2020, que dispõe sobre a Política de Proteção, Preservação, Controle, Conservação e Recuperação do Meio Ambiente no Município de Foz do Iguaçu e dá outras providências. Diário Oficial do Município, Foz do Iguaçu, PR, 22 abr. 2024. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/f/foz-do-iguacu/lei-complementar/2024/43/427/lei-complementar-n-427-2024-altera-e-acresce-dispositivos-na-lei-complementar-n-342-de-18-de-dezembro-2020-que-dispoe-sobre-a-politica-de-protecao-preservacao-controle-conservacao-e-recuperacao-do-meio-ambiente-no-municipio-de-foz-do-iguacu-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 19 jan. 2024.

FUNDAÇÃO SOS Mata Atlântica; INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. \*Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica\*. **Relatório Técnico**. São Paulo, 2022. Período 2021-2022.

GALVANI, F.M. et al. Is biotic integrity of urban forests remnants related with their size and shape? **Cerne**, v. 26, n. 1, p. 09-17, 2020.

GIACON, V. P. et al. Relação entre urbanização e integridade biótica de remanescentes de florestas urbanas. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022.

GONÇALVES, B.A. et al. Diet diversity and seasonality of robust capuchins (*Sapajus* sp.) in a tiny urban forest. **Am J Primatol**. 84(8):e23396, 2022.

GRACIANO-SILVA, T. et al. Adaptação e eficiência de um índice de integridade biótica para análise da sustentabilidade em florestas urbanas. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 2, p. 60-75, 2018

HADDAD N.M. et al. Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. **Science advances**, v. 1, n. 2, p. e1500052, 2015.

KARR, J.R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KARR, J.R.; DUDLEY, D.R. Ecological perspective on water quality goals. **Environmental management**, v. 5, p. 55-68, 1981.

KARR, J.R. et al. Ecological integrity is both real and valuable. **Conservation Science and Practice**, v. 4, n. 2, p. e583, 2022.

KENT, M; COKER, P. Vegetation description and analysis: a practical approach. New York: **John Wiley and Sons**, 363p. 1992.

KNAPP, S. et al. A research agenda for urban biodiversity in the global extinction crisis. **BioScience**, v. 71, n. 3, p. 268-279, 2021.

LAPAIX, R. et al. Ground vegetation as an indicator of ecological integrity. **Environmental Reviews**, 17(NA), 249-265, 2009.

LEOPOLD, A.A. Sand County Almanac. 1949. New York: **Ballantine**, 1970.

LEPCZYK, C.A. et al. Biodiversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. **BioScience**, v. 67, n. 9, p. 799-807, 2017.

MARQUES, CM; GRELE, EV. **The Atlantic Forest. History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest**. Springer International Publishing, 2021.

MCKINNEY, M.L. Urbanization, biodiversity, and conservation: the impacts of urbanization on native species are poorly studied, but educating a highly urbanized human population about these impacts can greatly improve species conservation in all ecosystems. **Bioscience**, v. 52, n. 10, p. 883-890, 2002.

MEDEIROS, H.R.; TOREZAN, J.M. Evaluating the ecological integrity of Atlantic Forest remnants by using rapid ecological assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 4373–4382, 2013.

MITTERMEIER, A. et al. **Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Biodiversity hotspots: distribution and protection of conservation priority areas**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 3-22.

MUNARO, I.O. Espécies arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual no oeste do paraná: levantamento florístico e chave de identificação dendrológica. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2022.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.

NAHSEN, M.H.C. et al. Estrutura, composição florística e integridade biótica de fragmento de Mata Atlântica em sucessão secundária. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e55611629363-e55611629363, 2022.

PARANÁ. Obras da Perimetral Leste de Foz do Iguaçu já avançam em três pontos. **Agência Estadual de Notícias**. Curitiba, 6 dez. 2023. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Obras-da-Perimetral-Leste-de-Foz-do-Iguacu-ja-avancam-em-tres-pontos>. Acesso em: 23 jan. 2025.

PARO D. Obra da Perimetral Leste deixa moradores do Mata Verde ilhados. **H2FOZ**, Foz do Iguaçu, 12 dez. 2023. Disponível em: <https://www.h2foz.com.br/meio-ambiente/obra-da-perimetral-leste-deixa-moradores-do-mata-verde-ilhados/>. Acesso em: 26 jan. 2025.

PERUCCI, L.R. Composição florística e fitossociologia de um fragmento florestal urbano em Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Neotropical) – **Universidade Federal da Integração Latino-Americana**, Foz do Iguaçu, 2024.

PMMA - Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Foz do Iguaçu: PMFI, 2020. Disponível em: <https://portaldosmunicipios.pr.gov.br/municipio/104/documento/67412>. Acesso em: 03 Mar. 2022.

RAMMÉ, Juliana et al. As Vilas de Itaipu: padrão morfológico e evolução urbana. **Revista de Morfologia Urbana**, v. 7, n. 2, p. e00115-e00115, 2019.

REGA-BRODSKY, C. et al. Urban biodiversity: State of the science and future directions. **Urban Ecosystems**, v. 25, n. 4, p. 1083-1096, 2022.

REZENDE, C.L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIVKIN, L. Ruth et al. A roadmap for urban evolutionary ecology. **Evolutionary applications**, v. 12, n. 3, p. 384-398, 2019.

ROHWER, Y.; MARRIS, E. Ecosystem integrity is neither real nor valuable. **Conservation Science and Practice**, v. 3, n. 4, p. e411, 2021.

RUARO, R. et al. Global trends and challenges in multimetric indices of biological condition. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105862, 2020.

RUARO, R.; GUBIANI, É. A. A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems: applications and main flaws. **Ecological Indicators**, v. 29, p. 105-110, 2013.

SANDRI L. Espécies vegetais indicadas para enriquecimento de um fragmento florestal urbano a partir de dados fenológicos. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2024.

SHACKLETON, C.M. et al. The need for an urban ecology of the Global South. Springer International Publishing, 2021.

SOUZA, R.F. et al. Fitossociologia da vegetação arbórea do Parque Nacional do Iguaçu. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 853-869, 2017.

SUTULA, M.A. et al. A practical guide for the development of a wetland assessment method: The California experience 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 1, p. 157-175, 2006.

TRZYNA, T. Urban Protected Areas: Important for Urban People, Important for Nature Conservation Globally. **2014-10-08**[2021-08-13]. <https://www.thenatureofcities.com/2014/10/08/urban-protected-areas-important-forurban-people-important-for-nature-conservation-globally>, 2014. Acesso em: 18 jan. 2025

VIEIRA, H.T.P. Áreas verdes urbanas: levantamento florístico das árvores do Horto Municipal de Foz do Iguaçu. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2022.

## **AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE INTEGRIDADE BIÓTICA EM FLORESTAS URBANAS: UM ESTUDO DE CASO NO OESTE DO PARANÁ, BRASIL**

### *EVALUATION OF THE BIOTIC INTEGRITY INDEX OF URBAN FOREST: A CASE ESTUDO IN WEST OF PARANA, BRAZIL*

Normas da revista RevSbau: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/about/submissions#authorGuidelines>

Barbara W. D. Weber<sup>1</sup>, Analice A. Eleutério<sup>1</sup>, Laura C.P. Lima<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Neotropical, Universidade Federal da Integração Latino-Americana

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Neotropical. Herbário EVB, Universidade Federal da Integração Latino-Americana;

#### **RESUMO**

Diante dos desafios no manejo e monitoramento de fragmentos florestais urbanos, o uso de índices surge como uma alternativa ágil e eficaz para obter parâmetros mensuráveis em campo e avaliar a conservação dessas áreas. No entanto, ainda há uma carência de métodos adaptados ao contexto urbano para essa avaliação. Os Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA) foram desenvolvidos para fortalecer a atuação dos municípios na conservação e monitoramento desses fragmentos. Nesse contexto, este estudo avaliou a aplicação do Índice de Integridade Biótica (IIB) em fragmentos florestais urbanos de Foz do Iguaçu. Foram analisadas cinco áreas urbanas, considerando 12 variáveis bióticas e abióticas ajustadas ao contexto local. Apenas uma área foi classificada como "boa", enquanto as demais foram classificadas como "regulares" ou "ruim", refletindo os desafios impostos pela fragmentação e urbanização. Os resultados demonstraram que o IIB é uma ferramenta eficaz, de baixo custo e replicável, com potencial para subsidiar decisões de manejo e conservação. Sua aplicação pode contribuir para a conservação da biodiversidade e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas em áreas urbanas. Propõe-se, ainda, sua integração ao PMMA, garantindo um monitoramento padronizado e abrangente desses fragmentos florestais.

**Palavras-chave:** Ecologia Urbana; Foz do Iguaçu; Floresta Estacional Semidecidual; Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica.

#### **ABSTRACT**

Given the challenges in managing and monitoring urban forest fragments, the use of indices emerges as a fast and effective alternative to obtain measurable field parameters and assess the conservation of these areas. However, there is still a lack of methods adapted to the urban context for this evaluation. The Municipal Plans for the Conservation and Restoration of the Atlantic Forest (PMMA) were developed to strengthen municipalities' role in conserving and monitoring these fragments. In this context, this study evaluated the application of the Biotic Integrity Index (BII) in urban forest fragments in Foz do Iguaçu. Five urban areas were analyzed, considering 12 biotic and abiotic variables adjusted to the local context. Only one area was classified as "good," while the others were rated as "moderate" or "poor," reflecting the challenges imposed by fragmentation and urbanization. The results demonstrated that the BII is an effective, low-cost, and replicable tool with the potential to support management and conservation decisions. Its application can contribute to biodiversity conservation and mitigate the impacts of climate change in urban areas. Furthermore,

its integration into the PMMA is proposed to ensure standardized and comprehensive monitoring of these forest fragments.

**Keywords:** Urban ecology; Foz do Iguaçu; Semideciduous Seasonal Forest; Plan for the Conservation and Restoration of the Atlantic Forest.

## INTRODUÇÃO

O Índice de Integridade Biótica (IIB) foi desenvolvido por Karr (1981) como uma ferramenta multimétrica para avaliar a saúde de ambientes aquáticos nos Estados Unidos, permitindo monitorar a integridade biótica e identificar mudanças ambientais ao longo do tempo (RUARO; GUBIANI, 2013). No Brasil, Medeiros e Torezan (2013) foram pioneiros em ambientes florestais, ao criar uma tabela simplificada com variáveis que, quando analisadas em conjunto, podem revelar a condição ambiental de fragmentos florestais. Graciano-Silva et al. (2018) adaptaram esse método para avaliar áreas florestais urbanas no interior de São Paulo, demonstrando sua versatilidade. Além disso, outros autores têm utilizado o IIB em diferentes contextos, como monitoramento de corpos d'água e restauração florestal ampliando sua aplicabilidade na conservação de ecossistemas e se mostrando uma possível ferramenta de apoio à gestão ambiental (GIACON et al., 2022; NAHSSEN et al., 2022; GALVANI et al., 2020).

No Brasil, os municípios podem exercer a gestão ambiental dos remanescentes de Mata Atlântica por meio do Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA), conforme a Lei nº 11.428/2006 e regulamentado pelo Decreto Federal nº 6.660/2008 (BRASIL, 2006), que promove a conservação e recuperação da vegetação nativa exigindo diagnósticos, mapeamento, identificação de vetores de desmatamento e ações sustentáveis, entre outras ações (AGUIAR; STEINMETZ, 2013). A elaboração do Plano Municipal de Mata Atlântica de Foz do Iguaçu foi resultado de um esforço colaborativo envolvendo universidades, ONGs, órgãos governamentais e a comunidade local (PMMA, 2020). O processo incluiu a coleta de dados sobre remanescentes florestais, a identificação de pressões como urbanização e agricultura, e a realização de oficinas comunitárias para validação e engajamento social (ESPINAZO et al., 2019), porém há necessidade de revisão das áreas prioritárias e implementação de medidas de conservação do PMMA de Foz do Iguaçu.

A pressão de uso do solo nesse bioma devido à expansão de atividades como agricultura, pecuária, plantios de monoculturas e urbanização, são as principais ameaças que levam à perda e à degradação expressiva das áreas florestais (FERREIRA et al., 2019; CARLUCCI et al., 2021). Estudos recentes indicam uma redução significativa de florestas altamente adequadas, ou seja, habitats que oferecem condições favoráveis para a sobrevivência e reprodução de espécies-chave, comprometendo sua conservação e os serviços ecossistêmicos que essas áreas proporcionam (DINIZ et al., 2022). Além disso, a desconexão entre fragmentos florestais, ameaça a sobrevivência

de populações, limita a dispersão de espécies e aumenta o risco de extinção local, especialmente diante das mudanças climáticas (FAHRIG, 2003; FERREIRA et al., 2019).

O monitoramento contínuo dos fragmentos florestais é fundamental para compreender e mitigar os impactos das mudanças no uso do solo, garantindo a conectividade ecológica e a preservação deste bioma (LEMBI et al., 2020; MARQUES; GRELE, 2021). Os estudos fitossociológicos exercem papel fundamental no monitoramento dos ambientes naturais para compreender a estrutura e dinâmica das comunidades vegetais, fornecendo diagnósticos quali-quantitativos (BARBOSA et al., 1989). Em áreas urbanas, essa prática torna-se ainda mais relevante, pois permite avaliar como os fragmentos respondem à poluição, fragmentação e introdução de espécies exóticas, fornecendo dados cruciais para estratégias de manejo que promovam a preservação da biodiversidade e a resiliência dos ecossistemas (MCKINNEY, 2006). Neste sentido, o Índice de Integridade Biótica é uma ferramenta valiosa que permite identificar as condições dos fragmentos, e direcionar esforços para aumentar sua integridade biológica por meio do manejo e conservação (GRACIANO-SILVA et al., 2018).

Este estudo buscou avaliar a integridade biótica dos fragmentos florestais urbanos de Foz do Iguaçu, Paraná, por meio da adaptação e aplicação do Índice de Integridade Biótica (IIB) às condições locais. Para isso, foram adaptadas as variáveis propostas por Medeiros e Torezan (2013), Graciano-Silva et al. (2018) e acrescentadas novas variáveis, garantindo uma melhor representação das características ambientais da região e permitindo sua validação como ferramenta de monitoramento ecológico. O estudo propõe, ainda, a incorporação do IIB ao Plano Municipal da Mata Atlântica de Foz do Iguaçu como ferramenta de monitoramento das condições ecológicas dos fragmentos florestais urbanos, permitindo a padronização dos dados coletados, e contribuindo para a conservação e manejo eficaz dessas áreas. O PMMA é um instrumento dinâmico, que demanda atualizações periódicas com base em novos dados relacionados à degradação ambiental, desmatamento, impactos das mudanças climáticas, alterações no uso do solo, e informações atualizadas sobre a biodiversidade. Portanto, esse estudo busca contribuir com a geração de subsídios técnicos e científicos que possam fortalecer as tomadas de decisões dos gestores dessas áreas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

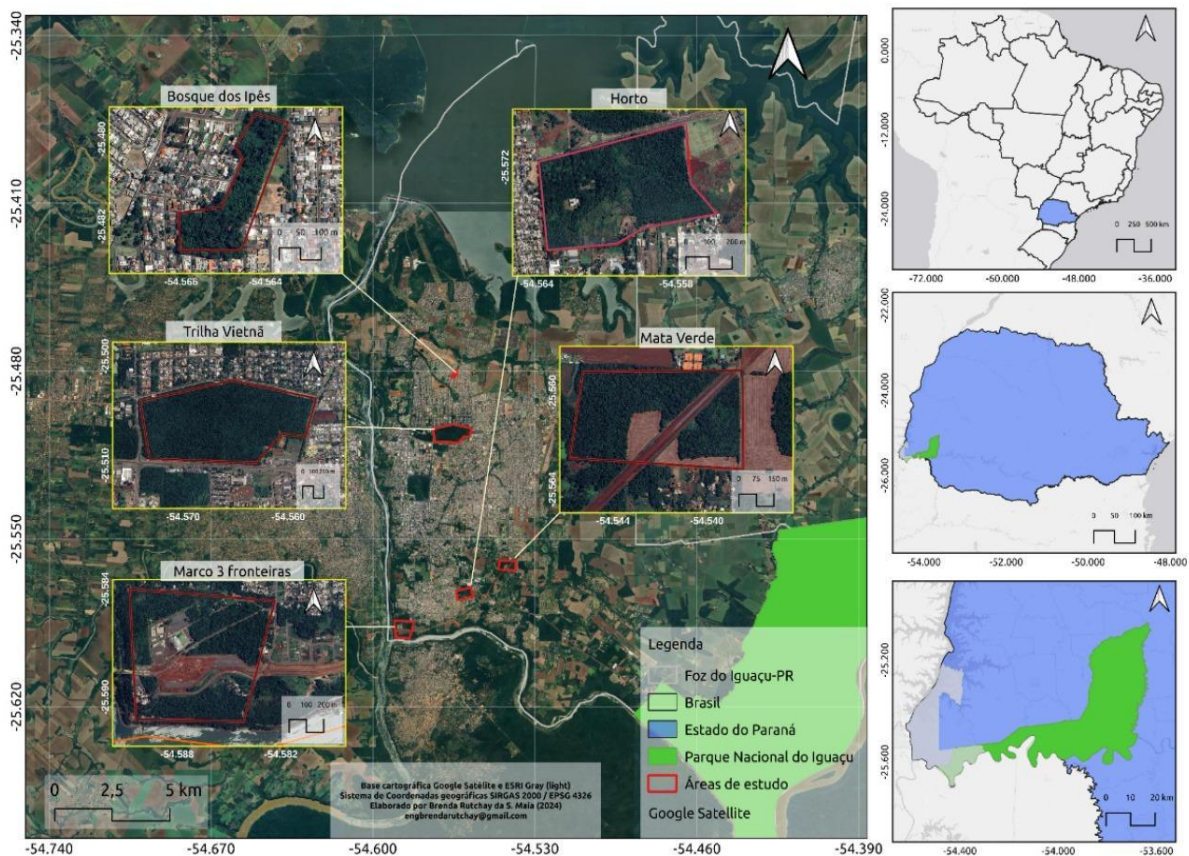
Esta pesquisa foi realizada no município de Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Este município possui área territorial de 609.192km<sup>2</sup>, população estimada de 285.415 e densidade demográfica de 468,51 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2023) e uma cobertura vegetal de aproximadamente 194,120km<sup>2</sup> (PMMA, 2020).

A fitofisionomia predominante é a Floresta Estacional Semidecidual (FES), também chamada de Mata Atlântica de Interior ou Floresta do Alto Paraná. Essa região já foi coberta por uma floresta contínua e altamente diversa, formando diferentes comunidades vegetais influenciadas

pelo tipo de solo e pelas espécies arbóreas dominantes, como peroba (*Aspidosperma polyneuron*), *Cedrela fissilis*), lauráceas e florestas de palmito (*Euterpe edulis*) (DI BITETTI et al., 2003)

O estudo foi conduzido em cinco fragmentos florestais urbanos (Figura 1). Quatro desses fragmentos foram selecionados com base nas áreas identificadas como prioritárias para conservação, regeneração da vegetação e manutenção dos serviços ecossistêmicos pelo Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA). Um quinto fragmento, não listado como área prioritária pelo PMMA, foi incluído devido à sua relevância ecológica observada no estudo de Munaro (2022). Atualmente, o fragmento da Mata Verde está localizado em uma área vinculada à implantação da rodovia Perimetral Leste, que passou por processo de supressão vegetal que exigiu a derrubada de 1,20 ha de vegetação nativa (DER/PR, 2021; PARO, 2022).

A coleta de dados sobre sua biodiversidade e condições ambientais pode fornecer subsídios técnicos para embasar a inclusão dessa área em uma categoria de proteção, como Unidade de Conservação Municipal, e sua integração ao PMMA (Plano Municipal de Meio Ambiente). Essa medida seria fundamental para garantir a conservação do fragmento, diante das pressões decorrentes do desenvolvimento urbano e infraestrutural na região.



Fonte: A autora (2024)

Figura 1. Localização das cinco áreas de estudo e área de referência em Foz do Iguaçu, estado do Paraná, sul do Brasil

Figure 1. Location of the five study areas and reference area in Foz do Iguaçu, Paraná State, southern Brazil

O tamanho e formato das áreas variou de 4,75 a 101 ha, conforme apresentado na tabela 2. Os formatos retangular e quadrado possui formato geométrico com ângulos retos. O formato irregular possui forma desorganizada, com bordas sinuosas, recortadas ou assimétricas, e o formato alongando é caracterizado por uma forma estreita e comprida, com comprimento muito maior que a largura (MCGARIGAL, 2015; GIACON et al., 2022)

Tabela 2. Fragmentos florestais e suas características onde, UC: Unidade de Conservação; AP: Área Prioritária; SMMA: Secretaria do meio ambiente municipal; SISBIO: Sistema de Autorização de Pesquisa nas Unidades de Conservação Federal.

Table 2. Forest fragments of the study and their characteristics where, UC: Conservation Unit; AP: Priority Area; SMMA: Municipal Environment Secretariat; SISBIO: Authorization and Information System on Biodiversity for research in Federal Conservation Units.

Fragmento Florestais	Tamanho (ha)	Formato	Grau de proteção	Dados Florísticos (Referências)	Necessidade de autorização
Trilha do Vietnã	101,1	Retangular	AP PMMA	Perucci, 2024	SMMA
Mata verde	28,63	Irregular	-	Munaro, 2022	SMMA
Horto Municipal	29,43	Quadrado	AP PMMA e UC Municipal	Viera, 2022	SMMA
Marco das Três Fronteiras	64,5	Irregular	área prioritária PMMA	-	SMMA
Bosque dos Macacos	4,75	Alongado	AP PMMA e UC Municipal	Gonçalves, 2022; Sandri, 2024	SMMA
Área de referência	185.263	Irregular	UC Federal	Souza, 2017	SISBIO

A seleção das áreas considerou critérios específicos, como a exclusão de Áreas de Preservação Permanente (APP) associadas a rios e áreas sob gestão municipal, uma vez que o acesso foi um fator determinante. A maioria das áreas selecionadas está sob gestão privada, o que demandou negociações e autorizações específicas para a realização da pesquisa (Tabela 2). Além disso, contar com dados florísticos prévios foi importante para a escolha dos fragmentos, fornecendo informações essenciais sobre a composição vegetal e a biodiversidade local (Tabela 2).

Esses dados prévios também justificaram a inclusão do fragmento adicional, a Área Mata Verde, não listado pelo PMMA. A presença de espécies como *Aspidosperma polyneuron* e *Cedrela fissilis* (MUNARO, 2022), classificadas como quase ameaçada e vulnerável, respectivamente, para a Floresta Estacional Semidecidual (CNCFlora, 2012), destacou a importância dessa área para a conservação da biodiversidade, reforçando sua inclusão no estudo.

Para validar os parâmetros do Índice de Integridade Biótica (IIB) e sua capacidade de fornecer um diagnóstico fiel à realidade, o índice foi aplicado em uma área conhecidamente bem conservada para servir de referência. A “Área de Referência” escolhida foi o Parque Nacional do Iguaçu (ParNa Iguaçu) (Figura 1), um remanescente com mais de 185 mil hectares, com status de área protegida reconhecido como uma floresta madura com alta biodiversidade arbórea e faunística (SOUZA et al., 2017; BROCCARDO et al., 2019). O ParNa Iguaçu é um dos maiores remanescentes

de Mata Atlântica de interior e destaca-se por proteger extensas áreas de ecossistemas florestais e aquáticos, prestando importantes serviços ecossistêmicos de regulação, suporte e cultura, além de formar conexão com outros fragmentos florestais semelhantes e por abrigar a maior população de onças-pintadas da Mata Atlântica (ICMbio, 2018).

O entorno das áreas de estudo desempenha um papel crucial na dinâmica e conservação dos fragmentos urbanos, uma vez que influencia diretamente a biodiversidade e a qualidade ambiental desses espaços (MCKINNEY, 2006; COLLINS et al., 2021). Essas áreas estão sujeitas a pressões antrópicas podendo resultar em impactos negativos, como aumento da impermeabilização do solo e redução da conectividade ecológica (MCKINNEY, 2006; LEMBI et al., 2020). Por outro lado, a presença de áreas verdes no entorno, pode contribuir para a mitigação desses efeitos, funcionando como *buffers* de proteção e facilitando a dispersão de espécies (MABON; SHIH, 2018).

O fragmento do Vietnã está delimitado pela BR-277 e pelas avenidas Araucária, Paraná e Garibaldi, todas com fluxo intenso de veículos. No entorno imediato, há uma construção ao sudeste, o Centro de Tradições Gaúchas (CTG Charrua), e algumas edificações na borda norte da mata. Além disso, o fragmento possui uma trilha principal de 2,8 km, frequentemente utilizada para a prática de mountain bike. Todo o perímetro da área é cercado e é possível observar facilmente algumas espécies exóticas em sua borda (Apêndice A).

O fragmento da Mata Verde está delimitado por plantações de monocultura, loteamentos residenciais, a obra da rodovia Perimetral Leste e uma construção ao norte. A área não possui cercamento, e observa-se, em suas bordas, o predomínio de *Megathyrsus maximus* (capim-colonião), uma espécie exótica com potencial invasor (Apêndice A).

O fragmento do Horto possui parte de seu perímetro cercado e é delimitado por um bairro e pelas avenidas Cataratas e Safira, duas avenidas de alto fluxo. Em sua borda, observa-se a presença de espécies exóticas invasoras, como o capim-colonião (*Megathyrsus maximus*) e a cobertura de jibóias (*Epipremnum* spp.) (Apêndice A).

O fragmento Marco das três Fronteiras está delimitado pelo rio Paraná, a oeste, e pelo rio Iguaçu, ao sul, apresentando uma porção de vegetação característica de mata ripária. A leste, é delimitado pela avenida General Meira. Duas ruas cortam o fragmento, servindo como acesso a atrativos turísticos localizados em seu interior. Além disso, a obra da Perimetral Leste resultou no desmatamento de parte da área para a construção da rodovia (Apêndice A).

O fragmento Bosque dos Macacos está delimitado por ruas em todo seu entorno e está inserido em um bairro urbano. No interior, há trilhas utilizadas como atalhos pela população local, além de equipamentos e brinquedos de um parque infantil (Apêndice A).

### **Coleta de dados florísticos**

Seis parcelas amostrais de 10 m x 10 m foram sistematicamente distribuídas em cada área, totalizando 600 m<sup>2</sup> de área amostrada por área de estudo. A primeira parcela foi posicionada no

centro da área, e as demais foram definidas a partir dela, com a distância entre as parcelas ajustada ao tamanho de cada fragmento. Foi estabelecida uma distância mínima de 25 metros entre as parcelas, garantindo organização no campo e a aleatoriedade da amostragem. Sempre que possível, evitou-se a borda das áreas; contudo, em áreas menores, o uso da borda foi inevitável para respeitar a distância mínima estabelecida.

A altura dos indivíduos do dossel foi estimada a partir de um clinômetro digital, juntamente com o aplicativo *Trees*, mensurando a inclinação a partir do ponto mais alto que a copa atingir. O diâmetro dos indivíduos do dossel e das lianas foi tomada com fita métrica.

Para a coleta das variáveis de cobertura de dossel, herbáceas, plântulas e serrapilheira, foram estabelecidas cinco subparcelas de 50 cm x 50 cm (0,25 m<sup>2</sup>) dentro da parcela principal. As subparcelas foram distribuídas nas quatro extremidades da parcela principal e uma no centro, totalizando 7,5 m<sup>2</sup> por área de estudo. A coleta da cobertura de dossel foi realizada por meio de registros fotográficos, utilizando uma câmera de celular (Iphone 11) na altura do peito. As imagens foram posteriormente processadas no *software ImageJ*, permitindo a determinação da porcentagem de cobertura do dossel com base na média das cinco subparcelas.

As coletas ocorreram de outubro de 2023 até maio de 2024. A observação e registro dos dados florísticos e demais variáveis ecológicas em campo foi feita por equipes de três a cinco integrantes previamente treinados de forma a garantir a padronização na coleta dos dados.

Ramos vegetativos das espécies arbóreas foram coletados dos indivíduos com diâmetro Altura do Peito (DAP) igual ou superior a 5 cm, enquanto as espécies herbáceas foram coletadas em sua totalidade e depositadas no herbário Evaldo Buturra – EVB, da Unila, conforme o acrônimo indicado por Thiers (2024). As identificações das espécies foram realizadas com base em literatura especializada, incluindo guias de identificação como os de Flores et al. (2015), Ramos et al. (2007) e Lorenzi (2020, 2022), além dos sites SpeciesLink (2024) e Flora e Funga do Brasil (2024). A delimitação das famílias seguiu o sistema APG IV (The Angiosperm Phylogeny Group, 2016). A nomenclatura correta das espécies e a determinação de sua origem (nativa ou exótica no Brasil) foram verificadas na plataforma Flora e Funga do Brasil (2024). A classificação do estágio sucessional e das síndromes de dispersão baseou-se nos trabalhos de Flores et al. (2015), Ramos et al. (2007) e Lorenzi (2020, 2022). A diversidade florística foi avaliada utilizando o índice de Shannon e de equabilidade de Pielou (BROWER; ZAR, 1984).

Para representar de forma visual a comparação entre as diferentes variáveis observadas em campo, optou-se por criar um gráfico radar. Foram selecionados os resultados de cada variável que compõem a Escala de Integridade Biótica e comparadas com as áreas de estudo que foi representada por uma linha distinta no gráfico, permitindo a comparação direta entre elas. Utilizou-se o software Excel 365 para a tabulação e análise dos dados.

## Adaptação e coleta de dados das variáveis ecológica

Para avaliar o Índice de Integridade Biótica (IIB) nas áreas de estudo, foram selecionadas 12 variáveis baseadas em estudos prévios (MEDEIROS; TOREZAN, 2013; GRACIANO-SILVA et al., 2018), com adaptações feitas para refletir as características vegetacionais da região. Cada variável recebeu um valor de integridade em uma escala de 1 (baixa integridade) a 5 (alta integridade), conforme os critérios definidos em uma matriz de avaliação (Tabela 3). Essa matriz descreveu as condições que poderiam ser encontradas em campo, associando-as aos respectivos valores de integridade.

Dessa maneira as variáveis “lianas”, “árvores mortas em pé” e “cobertura de serrapilheira” foram mantidas como no método original proposto por Medeiros e Torezan (2013), apenas adequando os descritores na escala de integridade (Tabela 2). Essas variáveis foram mantidas, pois em áreas altamente fragmentadas e nas bordas de fragmentos florestais, observa-se um aumento na infestação por lianas, relacionado ao incremento de luminosidade no solo devido à fragmentação florestal (BONATTI e VARABDA, 2007; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009; MINELLI, 2014). A mortalidade de árvores indica a qualidade ambiental, podendo auxiliar no reconhecimento de perturbações existentes (GASPER et al., 2013). E a serrapilheira representa a função de ciclagem de nutrientes nos ecossistemas (TURCHETTO e FORTES, 2014).

A variável “cobertura de gramíneas exóticas” foi substituída por “herbáceas exóticas” pois na região há a ocorrência de espécies herbáceas exóticas que não necessariamente formam uma cobertura, como o caso da *Cordyline fruticosa* e *Sansevieria trifasciata* (GONÇALVES et al., 2017). Já a variável “outras exóticas” foi transformada em “exóticas lenhosas” destacando a observação em campo das árvores lenhosas separadamente das herbáceas. Invasões biológicas são uma das maiores causas de perda da biodiversidade global (WALKER; STEFFEN, 1997).

A variável “eco-unidades” foi substituída por “cobertura de dossel”; as variáveis “*Ficus* spp” e “*Aspidospema polyneuron*” foram substituídas por “espécies tardias de dossel” e “espécies tardias no sub-bosque”, conforme adaptado do modelo original por Graciano-Silva et al. (2018). A primeira variável foi substituída pois, originalmente, era composta por uma combinação de critérios entre o “o tamanho das clareiras existentes” e “altura das árvores do dossel”. Optou-se por dividir as variáveis em duas “cobertura de dossel” e “altura das árvores do dossel”. De acordo com Bourgoin et al. (2024), florestas degradadas com mais de 50% de perda de cobertura do dossel são significativamente mais vulneráveis ao desmatamento subsequente, fazendo da variável um importante indicador na avaliação do risco de desmatamento, devendo ser usado para direcionar o monitoramento florestal e priorizar a conservação em áreas altamente degradadas.

Tabela 3. Variáveis, atributos, escala de integridade para cada variável, em que o valor de integridade varia de 1 (baixa integridade) a 5 (alta integridade). A medição utilizada no estudo e os equipamentos empregados. Modificado e adaptado de Medeiros e Torezan (2013) e Graciano-Silva et al. (2018).  
 Table 3. Variables, attributes, and scale of integrity for each variable, where the integrity value ranges from 1 (low integrity) to 5 (high integrity). Modified and adapted from Medeiros and Torezan (2013) and Graciano-Silva et al. (2018).

VARIÁVEL	ESCALA DE INTEGRIDADE					Medida	Equipamento
	1	2	3	4	5		
<b>1 - Altura do dossel</b>	<8m	8m - 9m	10m - 12m	13m - 15m	16m >18m	indivíduos mais altos da parcela; Com DAP >5cm	Clinômetro ou Aplicativos especializados (Trees)
<b>2 - Diâmetro dos indivíduos do dossel</b>	<30cm	31 a 59cm	60 a 99cm	1 a 2,99m	>3m	indivíduos mais altos da parcela; Com DAP >5cm	Fita métrica
<b>3 - Lianas</b>	Emaranhados: > 15 indivíduos Lenhosos: >1 indivíduos >4 cm	Emaranhados: até 15 indivíduos Lenhosos: 1-2 indivíduos >6 cm	Emaranhados: até 10 indivíduos Lenhosos: 3-4 indivíduos com >6 cm	Emaranhados: até 6 indivíduos Lenhosos: >4 indivíduos >8 cm	Emaranhados: até 4 indivíduos Lenhosos: >4 indivíduos >8 cm	Contagem dos indivíduos por morfotipo	Fita métrica
<b>4 - Árvores Mortas em pé</b>	>5	4	2 - 3	1	Ausente	Contagem dos indivíduos	-
<b>5 - Exóticas lenhosas</b>	>4	3 - 4	2	1	Ausente	Contagem dos indivíduos	-
<b>6 - Indivíduos e Espécies tardias no sub-bosque<sup>1</sup></b>	Ausente	2	3	4	>5	Contagem dos indivíduos	-
<b>7- Indivíduos e Espécies tardias no dossel<sup>2</sup></b>	Ausente	1	2	3	>4	Contagem dos indivíduos	-
<b>8- Cobertura de dossel</b>	0 - 25%	26 - 45%	46 - 65%	65 - 89%	>90%	Média das subparcelas	Câmera fotográfica e Software de processamento de imagem (ImageJ)
<b>9 - Cobertura de plântulas</b>	Ausente	0 - 15%	16 - 30%	31 - 70%	>71%	Média das subparcelas	Armação para subparcela
<b>10- Cobertura Herbáceas Nativas</b>	Ausente	0 - 10%	11 - 20%	21 - 40%	>41%	Média das subparcelas	Armação para subparcela
<b>11- Cobertura Herbáceas Exóticas</b>	>25%	11 - 25%	4 - 10%	0 - 5%	Ausente	Média das subparcelas	Armação para subparcela
<b>12 - Cobertura Serrapilheira</b>	<40%	40 - 59%	60 - 79%	80 - 94%	95 -100%	Média das subparcelas	Armação para subparcela

<sup>1</sup> Indivíduos das famílias Meliaceae, Myrtaceae e Fabaceae e indivíduos de *Euterpe edulis* (Palmito Juçara)

<sup>2</sup> Indivíduos de *Aspidosperma polyneuron* (Peroba-rosa), *Cedrela fissilis* (Cedro), *Holocalyx balansae* (Alecrim) e *Balfourodendron riedelianum* (Pau-marfim)

Para “espécies tardias de dossel”, foram consideradas como espécies indicadoras para a região *Aspidosperma polyneuron*, *Holocalyx balansae*, *Cedrela fissilis* e *Balfourodendron riedelianum*. Para a variável “espécies tardias no sub-bosque” foram consideradas espécies das famílias Myrtaceae, Meliaceae, Sapindaceae e *Euterpe edulis*. Para ambas as variáveis as espécies foram escolhidas a partir de dados florísticos obtidos em estudos anteriores na região (SILVA, 2023; MUNARO, 2022; VIEIRA, 2022; PANIZZA et al., 2024).

As variáveis “altura do dossel” e “diâmetro dos indivíduos do dossel” foram adaptadas do modelo original por Cardoso-Leite (2017) e Giacon et al (2022). A altura e o diâmetro dos indivíduos do dossel estão ligados ao estágio sucessional da floresta. Em áreas degradadas, as espécies de crescimento rápido e de menor porte dominam, enquanto espécies de maior porte, características de florestas maduras, podem estar ausentes ou em menor número (MARTINS, 2012).

E por fim, duas novas variáveis foram incluídas no estudo “herbáceas nativas” e “presença de plântulas”. Esse último é um bom indicador para refletir a capacidade de regeneração natural do ecossistema, em áreas degradadas, a ausência ou baixa densidade de plântulas pode indicar problemas como compactação do solo, perda de nutrientes ou falta de fontes de sementes (MARTINS, 2012; DE LIMA et al., 2015).

O IIB de cada fragmento foi calculado a partir da média simples da soma dos valores obtidos na escala de integridade de cada parcela, exceto para as variáveis “Exóticas lenhosas”, “Espécies tardias no sub-bosque” e “Indivíduos de espécies tardias no dossel” onde o valor de integridade foi obtido pela soma simples dos valores encontrados. Utilizou-se o software Excel 365 para a tabulação e análise dos dados.

Dessa forma foi possível classificar cada fragmento com uma pontuação, podendo variar de “Muito baixa” a “excelente” de acordo com a pontuação exibida na Tabela 2.

Tabela 3. Pontuações possíveis pela escala de integridade. Modificado e adaptado de Medeiros e Torezan, 2013, e Graciano-Silva et al., 2018.

Table 3. Possible scores according to the integrity scale. Modified and adapted from Medeiros and Torezan, 2013, and Graciano-Silva et al., 2018.

<b>Pontuação IBB</b>	<b>Integridade</b>
12 - 19,9	Muito ruim (muito baixa)
20 - 29,9	Ruim (baixa)
30 - 39,9	Regular (média)
40 - 49,9	Boa (alta)
50 - 60	Excelente (muito alta)

Para avaliar a eficiência dessas variáveis na discriminação das cinco áreas de estudo, foi realizada uma análise de sensibilidade, que indicou o impacto da remoção de diferentes combinações de variáveis na escala de integridade. Para cada combinação de remoções, a pontuação geral do IIB foi recalculada e normalizada em relação à área de referência (ParNa Iguaçu). A variabilidade das diferentes combinações foi quantificada por meio do cálculo da variância, permitindo identificar quais remoções impactavam mais os resultados. Os resultados foram comparados utilizando Boxplots. A análise empregou estatística descritiva, com mediana e quartis, para avaliar a dispersão e tendência central dos valores da Escala IIB. As análises foram conduzidas no software R (R CORE TEAM, 2023). O script utilizado é apresentado no apêndice B.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Índice de Integridade Biótica das Áreas**

A partir dos dados obtidos pela aplicação do IIB nas áreas de estudo, foram obtidas notas que variaram de 29 a 44 pontos. Apenas uma área atingiu classificação boa, uma área foi classificada como ruim e as demais como regular. A área de referência pontuou nota 54, e foi classificada como excelente (Tabela 4).

Como esperado, a área de referência (ParNa Iguaçu) apresentou pontuação superior às demais, refletindo as condições favoráveis de conservação desta área que possui vasta extensão e proteção legal garantindo maior conectividade de habitats, diversidade de nichos ecológicos e menor pressão antrópica, fatores que favorecem a estabilidade e a qualidade da comunidade vegetal (SOUZA et al., 2017; BROCARDI et al., 2019). Esses resultados corroboram os estudos de Medeiros e Torezan (2013) e Graciano-Silva et al. (2018), cujas áreas de referência foram as únicas a alcançar a classificação de excelente entre todas as avaliadas.

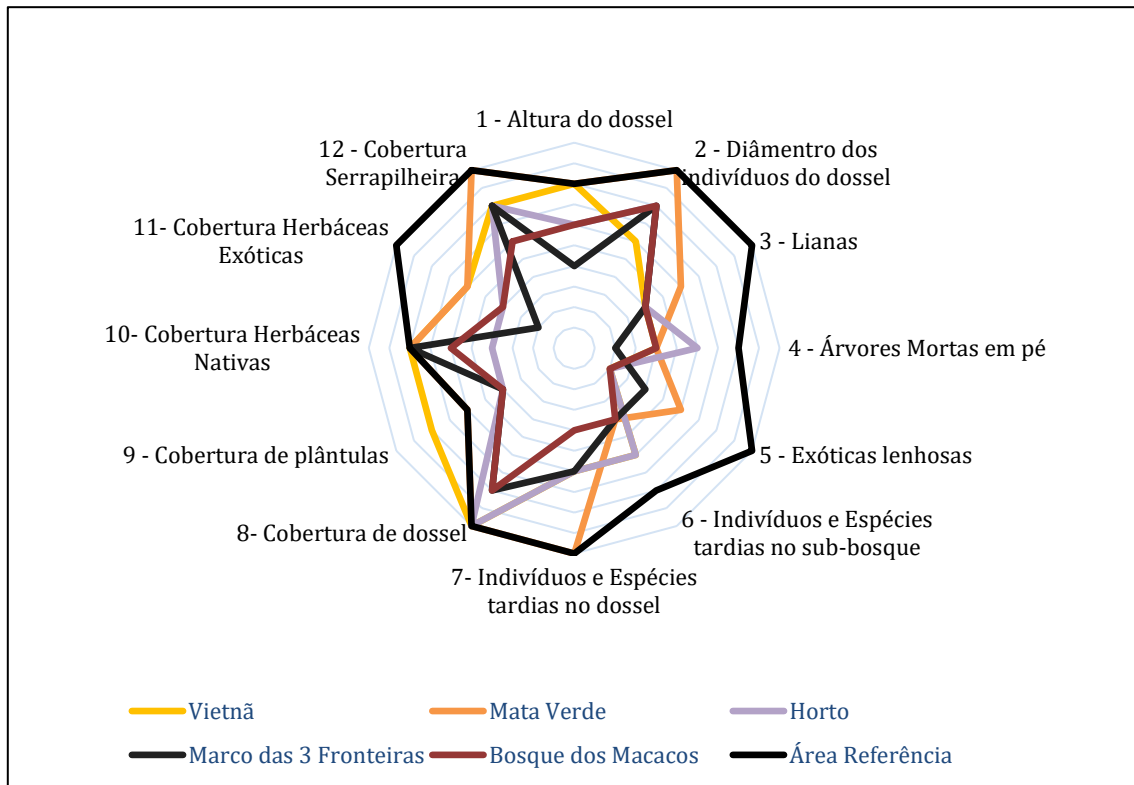
Em contraste, os fragmentos urbanos analisados, estão expostos a intensos efeitos de borda e à influência direta de áreas urbanizadas no entorno. Essas condições aumentam a suscetibilidade a impactos como degradação do habitat, alterações na composição florística e interrupções nas relações bióticas, corroborando estudos que destacam os desafios enfrentados por ecossistemas fragmentados (MATOS et al., 2020; DE SIQUEIRA et al., 2021). Os resultados reforçam a importância de grandes áreas protegidas para a manutenção da biodiversidade em paisagens cada vez mais fragmentadas.

Tabela 4. Resultado final da pontuação das variáveis em cada área analisada, nota final da soma da média das parcelas de cada área e a classificação final

Table 4. Final result of the variable scores in each analyzed area, final score from the sum of the averages of the plots in each area, and the final classification.

Variáveis / Classificação	Área 1 (Vietnã)	Área 2 (Mata Verde)	Área 3 (Marco)	Área 4 (Horto)	Área 5 (Bosque Macacos)	Área de Referência (ParNa Iguacu)
1 - Altura do dossel (metros)	13,45	13,39	11,28	9,37	11,30	15,51
Pontuação IIB	4	4	3	2	3	4
2 - Diâmetro dos indivíduos do dossel (Metros)	0,76	1,44	0,96	1,03	0,95	1,44
Pontuação IIB	3	5	4	4	4	5
3 - Lianas (Número indivíduos)	1,67	2,67	1,67	1,83	1,50	5,00
Pontuação IIB	2	3	2	2	2	5
4 - Árvores Mortas em pé (Número indivíduos)	3	3	2	4	3	1
Pontuação IIB	2	2	3	1	2	4
5 - Exóticas lenhosas (Número indivíduos)	7	2	8	5	13	0
Pontuação IIB	1	3	1	2	1	5
6 - Indivíduos e Espécies tardias no sub-bosque <sup>1</sup> (Número indivíduos e espécies)	12	9	12	7	7	14
Pontuação IIB	3	2	3	2	2	4
7- Indivíduos e Espécies tardias no dossel <sup>2</sup> (Número indivíduos e espécies)	2	7	3	2	1	10
Pontuação IIB	3	5	3	3	2	5
8- Cobertura de dossel (porcentagem de cobertura)	91%	92%	91%	83%	85%	90%
Pontuação IIB	5	5	5	4	4	5
9 - Presença de plântulas (porcentagem de cobertura)	28%	17%	12%	12%	8%	21%
Pontuação IIB	4	3	2	2	2	3
10- Herbáceas Nativas (porcentagem de cobertura)	23%	26%	10%	27%	18%	33%
Pontuação IIB	4	4	2	4	3	4
11- Herbáceas Exóticas (porcentagem de cobertura)	9%	6%	13%	27%	19%	0%
Pontuação IIB	3	3	2	1	2	5
12 - Cobertura Serrapilheira (porcentagem de cobertura)	91%	96%	85%	82%	64%	100%
Pontuação IIB	4	5	4	4	3	5
<b>Nota final IIB</b>	<b>38</b>	<b>44</b>	<b>34</b>	<b>32</b>	<b>29</b>	<b>54</b>
<b>Classificação</b>	<b>Regular</b>	<b>Boa</b>	<b>Regular</b>	<b>Regular</b>	<b>Ruim</b>	<b>Excelente</b>

Foi avaliada a distribuição da pontuação de cada área em relação às 12 variáveis (figura 2), onde as variáveis que obtiveram maior nota na área referência e na Mata Verde, as duas áreas com melhor pontuação geral pela escala de integridades, estão relacionados ao diâmetro dos indivíduos do dossel, baixa ocorrência de lianas predominantemente em sua forma emaranhada, à ausência de espécies exóticas, tanto lenhosas quanto herbáceas e maior ocorrência dos indivíduos e espécies tardias de dossel.



Fonte: A autora (2024)

Figura 2. Distribuição da pontuação das 12 variáveis que compõem o Índice de Integridade Biótica nas cinco áreas verdes urbanas e área de referência no município de Foz do Iguaçu, Paraná.

Figure 2. Distribution of the scores of the 12 variables that make up the Biotic Integrity Index in the five urban green areas and the reference area in the municipality of Foz do Iguaçu, Paraná.

Essas características indicam um estágio sucessional mais avançado do fragmento, sugerindo menor grau de perturbação recente e maior resiliência ecológica (FERREIRA, 2019). Fragmentos com menor invasão de espécies exóticas e maior diversidade estrutural da vegetação tendem a apresentar maior estabilidade ecológica e funcionalidade dos ecossistemas (TABARELLI et al., 2012; MISSIO; LONGHI, 2019). Além disso, a predominância de espécies tardias do dossel indica um ambiente mais estruturado, o que favorece a manutenção da biodiversidade e a provisão de serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono e a regulação do microclima local (CHAZDON, 2008). O menor grau de emaranhamento das lianas pode estar relacionado à menor perturbação do dossel. Schnitzer; Bongers (2011) sugerem que a proliferação excessiva de lianas está associada a áreas degradadas e abertas, onde o aumento da luminosidade favorece seu

crescimento em detrimento de espécies arbóreas. As variáveis associadas aos melhores estados de conservação encontradas nesse estudo foram semelhantes às variáveis dos estudos de Medeiros e Torezan (2013) e Graciano-Silva et al. (2018).

As demais áreas de estudo, apresentaram pontuações distintas em relação às variáveis analisadas (figura 2), sem que nenhuma variável específica se destacasse entre elas. Essa heterogeneidade sugere que os fragmentos urbanos respondem de maneira distinta aos impactos da degradação, refletindo diferentes níveis de perturbação, histórico de uso do solo e capacidade de resiliência (ALBERTI, 2010; ROCHA et al., 2020). Essa variação pode estar associada a diferentes fatores como o caso do tamanho e o formato dos fragmentos, o grau de isolamento e a pressão antrópica no entorno (LEMBI et al., 2020; GIACON et al., 2022; GALVANI et al., 2020). Portanto, os resultados indicam que cada fragmento possui características e dinâmicas ecológicas únicas, o que reforça a necessidade de estratégias de conservação e manejo adaptadas às particularidades de cada área (CHAZDON et al. 2022; REZENDE et al., 2018).

Os dados florísticos obtidos levantados no estudo foram fundamentais para complementar a avaliação do Índice de Integridade Biótica (IIB), uma vez que oferecem informações detalhadas sobre a composição, diversidade e estrutura da vegetação nos fragmentos analisados. Esses dados não apenas contribuíram para uma melhor compreensão da dinâmica ecológica das áreas, como também forneceram subsídios essenciais para interpretar os padrões identificados no IIB (NAHSSEN et al., 2022; GALVANI, 2018).

O apêndice C traz a lista de espécies e famílias encontradas nas áreas de estudo e área de referência, foram identificadas 108 espécies arbóreas reunidas em 38 famílias. Foram registradas oito espécies exóticas arbórea: *Mangifera indica*, *Magnolia champaca*, *Psidium guajava*, *Pinus canariensis*, *Hovenia dulcis*, *Eriobotrya japonica*, *Citrus limon* e *Citrus* sp., a maioria dessas espécies também foi identificada por (TROCHEZ et al., 2017) em um estudo florístico realizado no Parque Nacional do Iguaçu (área de referência), com exceção das espécies *Magnolia champaca* e *Pinus canariensis*, encontradas respectivamente na Vietnã e área Marco das três Fronteiras.

Com relação às herbáceas, ao todo foram encontradas 24 espécies (Apêndice D), pertencentes a 12 famílias. Foram registradas 10 espécies exóticas, dentre elas, as espécies *Tradescantia zebrina*, *Epipremnum pinnatum*, *Megathyrsus maximus* e *Phyllostachys aurea* são também consideradas espécies invasoras para o estado do Paraná (IAP, 2015). Essas mesmas espécies foram previamente citadas no estudo de Trochez et al. (2017), realizado no Parque Nacional do Iguaçu.

O índice de diversidade Shannon ( $H'$ ) variou de 2,77 a 3,44 nats/ind (Tabela 5). Em um estudo feito na área de referência por Gris e Temponi (2017), o valor de  $H'$  variou de 2,71 até 3,66, outra pesquisa realizada em um fragmento florestal urbano de FES, no oeste do Paraná, o valor de  $H'$  encontrado foi de 3,24 (BALD et al., 2021). Dessa forma, podemos avaliar que as áreas de estudo ficaram com valores de  $H'$  próximos de outras áreas da região.

O índice de equitabilidade de Pielou (J') atingiu o valor de 0,6 em todas as áreas (Tabela 5), com exceção da área 5 (Bosque dos Macacos), que obteve J' de 0,7, indicando que não houve predominância de uma espécie sobre as outras e expressa alta heterogeneidade florística, com valores similares a encontrados em outros estudos realizados no Norte e Oeste do Paraná como Estevan et al. (2016), Gris e Temponi (2017) e Bianchini et al. (2003).

Tabela 5. Fragmentos florestais do estudo e respectivos resultados para número de espécie, índice de diversidade Shannon (H') e O índice de equitabilidade de Pielou (J').

Table 5. Forest fragment of the study areas and respective results for species count, Shannon diversity index (H'), and Pielou's index (J')

Fragmentos florestais	Nº espécies arbóreas	H'	J
Trilha Vietnã	33	2,77	0,6
Mata Verde	34	2,79	0,6
Horto	27	2,82	0,6
Marco 3 fronteiras	35	2,96	0,6
Bosque dos Macacos	48	3,44	0,7

Dentre as áreas avaliadas, a Mata Verde foi a única classificada como "boa" pela escala de integridade, alcançando 73% do total da nota (Tabela 4). As variáveis que melhor pontuaram nessa área são similares à área de referência. Destacam-se a baixa incidência de espécies exóticas, menor frequência de lianas em seu estado emaranhado, maior diâmetro dos indivíduos do dossel e o maior número de indivíduos e espécies tardias do dossel (Tabela 4, figura 2). Essa similaridade com a área de referência pode indicar que o fragmento se encontra em melhor estado de conservação, quando comparado aos outros analisados neste estudo, uma vez que tais variáveis estão relacionadas ao maior suporte à biodiversidade e baixa perturbação (GANDOLFI et al., 2007; RICHARDSON et al., 2007; CHAZDON, 2008; SCHNITZER; BONGERS, 2011)

Com relação a composição vegetal da área Mata Verde, a família Apocynaceae foi a mais abundante, com 38 indivíduos. As espécies não pioneiras representaram 71% do total amostrado, destacando a predominância de indivíduos característicos de estágios mais avançados de sucessão florestal, corroborando com estudo de Munaro (2022) que indicou 78% das espécies como características de estágios avançados de sucessão florestal como *Aspidosperma polyneuron*, *Holocalyx balansae*, *Cedrela fissilis* e *Banara tomentosa*, Além disso, a predominância de espécies zoocóricas (65%) indica uma maior oferta de recursos alimentares para a fauna local e reforça o potencial desses fragmentos para promover a dispersão de sementes.

Contudo, a espécie predominante, *Tabernaemontana catharinensis*, que representou 31% do total de indivíduos amostrados, ocorreu em alta densidade, com indivíduos próximos entre si nas parcelas. Essa é uma espécie pioneira característica de crescimento rápido, associada a espécies

que predominam em áreas fragmentadas e degradadas, o que pode indicar que esta área pode estar sofrendo degradação ambiental (ARROYO-RODRÍGUEZ et al., 2017; GRIS e TEMPONI, 2017; CHAZDON, 2008).

É importante ressaltar que a Mata Verde não é uma área protegida nem está incluída no PMMA do município. Dada sua relevância ecológica, é fundamental que algumas medidas de proteção sejam adotadas para manter sua biodiversidade e seus serviços ecossistêmicos.

Em relação as áreas classificadas como “regulares” (Tabela 4), apresentaram condições ecológicas medianas em campo, sem evidências de desempenho destacado, positivo ou negativo, para nenhuma variável, indicando desafios significativos que demandam atenção imediata.

Não houve uma tendência clara de quais variáveis tiveram melhor ou pior desempenho nessas áreas, sugerindo que nenhum fator isolado foi determinante na diferenciação entre elas. Esse resultado indica que a combinação dessas variáveis se mostrou essencial para descrever as diferentes condições ambientais das áreas, refletindo seu histórico, uso e perturbações. A ausência de uma tendência única reforça a importância de abordagens amplas e integradas para avaliar a integridade ecológica desses ambientes, garantindo que múltiplos indicadores sejam considerados na formulação de estratégias de conservação e manejo adaptativo.

Sobre a composição da vegetação, na área Vietnã, Fabaceae foi a família mais frequente, com 51 indivíduos. A espécie predominante, *Muelleria campestris*, representou 20% do total de indivíduos amostrados e é reconhecida como pioneira e importante no componente regenerativo da FES (SOUZA et al., 2018). Gorenstein et al. (2022) e Cordeiro et al. (2024) em estudo de composição florística e fitossociologia apontaram *Muelleria campestris* mais representativas pelo valor de IVI. A espécie exótica arbórea *Magnolia champaca* foi registrada exclusivamente nesse fragmento. Essa espécie, frequentemente utilizada para ornamentação, está associada ao histórico da área, onde, segundo relatos, ocorreram plantios assistemáticos de árvores, e um horto funcionou temporariamente no local (CONSTANTINI, 2016; PERUCCI, 2024).

No Marco, Fabaceae e Meliaceae foram as famílias mais abundantes, com 32 indivíduos registrados cada. A espécie predominante foi *Guarea kunthiana*, responsável por 22% dos indivíduos amostrados. Souza (2015) destacou essa espécie entre as dez espécies com maior valor de IVI no Parque Nacional do Iguaçu. Trata-se de uma espécie clímax, que serve de alimento para avifauna e é relevante na recomposição de áreas ciliares ou baixadas úmidas (LORENZI, 2020). Este fragmento apresentou a maior ocorrência de espécies exóticas arbóreas nas parcelas, totalizando cinco espécies. Entre elas, *Pinus canariensis* foi registrada exclusivamente nesta área, os indivíduos estavam concentrados em um local restrito da borda do fragmento e alguns avançando para o interior. Esta área está localizada próxima a dois importantes rios do município, o Rio Paraná e o Rio Iguaçu. Historicamente, a região passou por um processo de regeneração desde as primeiras imagens de satélite registradas na década de 1980, com uma intensificação mais evidente a partir de 2010. Contudo, nos últimos dois anos, o fragmento sofreu considerável degradação devido à construção de um novo atrativo turístico na área, que já abrigava outro atrativo

responsável por dar nome ao fragmento (Apêndice A), além da implementação de uma via perimetral. Esses empreendimentos resultaram em um aumento na fragmentação da vegetação, impactando a continuidade da área.

No Horto, as famílias com maior ocorrência foram Fabaceae com 21 indivíduos registrados. A espécie predominante foi *Matayba elaeagnoides*, representando 16% do total de indivíduos amostrados. Considerada uma espécie secundária tardia, a dispersão de seus frutos é zoocórica, sendo uma importante espécie na dinâmica da comunidade (LORENZI, 2020; MACIEL et al., 2003). Esta área é destinada à produção de mudas e ao armazenamento temporário de espécies arbóreas provenientes de compensações ambientais, utilizadas para plantio na cidade ou doadas aos municípios. No passado, era aberta à visitação pública (FOZ DO IGUAÇU, 2019). Esse histórico contribuiu para o elevado número de espécies exóticas herbáceas registradas dentro das parcelas e observadas fora delas

Estudos prévios feitos na área Vietnã e área Horto sugerem um estágio avançado de regeneração, evidenciado pela ausência de predominância de espécies arbóreas pioneiras, característica dos estágios inicial e médio (VIEIRA, 2022; PERUCCI, 2024). Essa característica pode estar associada ao alto índice de cobertura de dossel identificado neste estudo. Adicionalmente, os mesmos estudos destacaram uma elevada presença de espécies exóticas e um acesso intenso da população local, fatores que podem comprometer as condições ideais das variáveis analisadas, podendo-se concluir que a análise do IIB conseguiu refletir as condições encontradas em campo nessas áreas. O Horto está protegido pelo poder público como unidade de conservação municipal, no entanto todas foram levantadas como áreas prioritárias pelo PMMA. Recomenda-se o planejamento de ações de conservação e recuperação, incluindo reflorestamento com espécies nativas e controle de espécies exóticas invasoras (FAHRIG, 2003; FERREIRA et al., 2019). O Marco das três Fronteiras, pouco explorada academicamente, carece de informações disponíveis.

O Bosque dos Macacos uma unidade de conservação municipal, foi a única classificada como ruim, atingindo 47% do total de pontos possíveis, indicando desempenho baixo em mais da metade das variáveis analisadas. Este resultado reflete o impacto do tamanho reduzido do fragmento (4,75 ha) e seu formato estreito, que intensificam os efeitos de borda, corroborando estudos prévios que identificaram uma forte relação entre baixos índices de integridade e fragmentos florestais com menos de 10 hectares (GALVANI et al., 2020; GIACON et al., 2022).

Além do tamanho e formato alongado dessa área, outros fatores que afetam negativamente a regeneração natural e a diversidade florística, contribuindo para a degradação progressiva dessa área é a presença expressiva de espécies invasoras, o acúmulo de lixo e o intenso uso das trilhas no interior do fragmento, que contribui para o pisoteio da vegetação e compactação do solo (GALVANI et al., 2020; GIACON et al., 2022; FERREIRA et al., 2019). Essas condições conseguiram ser observadas pela escala de integridade que de forma geral conseguiu traduzir pela pontuação as condições observadas em campo.

A família Fabaceae apresentou o maior número de ocorrências na área, com 17 indivíduos registrados, sendo a espécie predominante foi *Tabernaemontana catharinensis*, com 11% do total de indivíduos amostrados. Apesar da área ter apresentado valor de diversidade ( $H'$ ) alto para as espécies arbóreas (tabela 5), a análise pela escala de integridade evidenciou a ausência de espécies-chave, indicadas como essenciais para a manutenção da funcionalidade ecológica do fragmento. O alto índice de diversidade de espécies arbóreas pode estar associado a diferentes fatores ecológicos e históricos. Um dos possíveis motivos é a presença de espécies exóticas, que tendem a aumentar a diversidade total do fragmento sem necessariamente indicar um ecossistema funcionalmente equilibrado. Além disso, análises de imagens de satélite indicam que essa área não sofreu desmatamento significativo pelo menos desde a década de 1980, o que pode ter contribuído para a manutenção de uma composição florística variada (GONÇALVES, 2022) (Apêndice A).

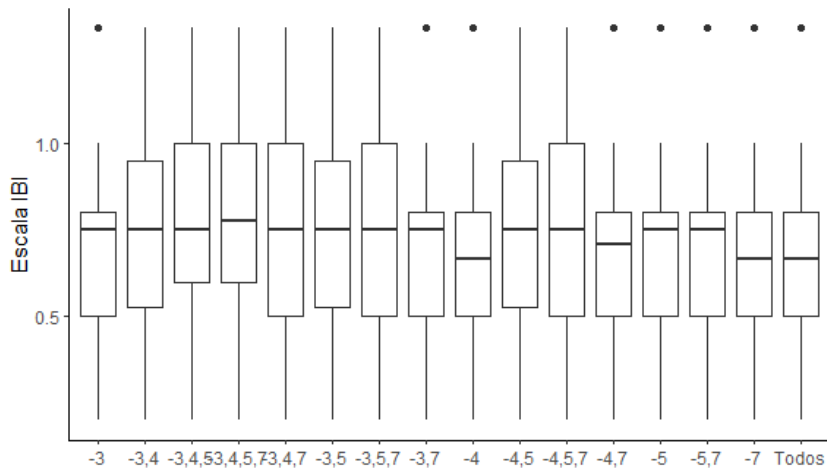
Essa área apresenta uma população de primatas do gênero *Sapajus* spp (cuja presença nomeou a Unidade de Conservação), em estudos feitos na área algumas sugestões de manejo foram propostas como o cercamento da área com locais de acesso específicos, a fim de diminuir a incidência de descarte de lixo pela área, educação ambiental com a população local e o enriquecimento ambiental com plantas nativas, especialmente aquelas que possam servir de alimento aos animais, além da retirada de plantas exóticas (SANDRI, 2024).

### **Análise de sensibilidade das variáveis**

A fim de avaliar se algumas variáveis têm maior influência no cálculo do IIB do que outras, foi feita uma análise de sensibilidade, avaliando o impacto da remoção de diferentes combinações de variáveis na escala de integridade para cada cenário testado, incluindo a remoção individual e combinada das variáveis selecionadas, além da análise considerando todos os dados.

Foram definidos dois conjuntos de variáveis para exclusão: um primeiro grupo contendo as variáveis 3, 4, 5 e 7, respectivamente “Lianas”, “Árvores mortas em pé”, “Exóticas lenhosas” e “Espécies e indivíduos tardios de dossel” (Figura 3), pois fora as variáveis que obtiveram pontuações mais diversas entre as áreas de estudo, e um segundo grupo composto pelas variáveis 8, 10 e 12, respectivamente “cobertura de dossel”, “Herbáceas nativas”, “cobertura de serrapilheira” (Figura 4), pois foram o conjunto que menos teve variação na pontuação entre as áreas de estudo

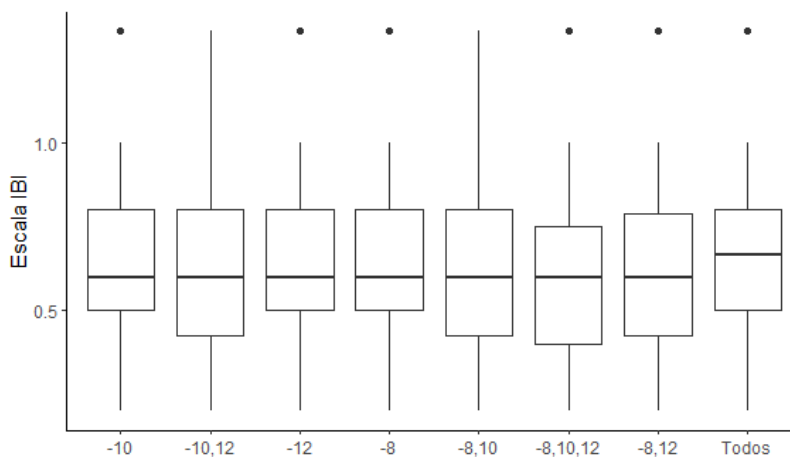
A partir dos gráficos, observa-se que a distribuição da Escala IIB permanece relativamente estável mesmo após a remoção de diferentes combinações de variáveis. Embora haja variação na dispersão dos valores entre os diferentes cenários testados, a mediana não apresenta grandes flutuações, sugerindo que o índice mantém sua robustez e não é fortemente influenciado por um subconjunto específico de variáveis.



Fonte: A autora (2024)

Figura 3. Distribuição dos valores da Escala IBI após a remoção das variáveis “Lianas”, “Árvores mortas em pé”, “Exóticas lenhosas” e “Espécies e indivíduos tardios de dossel”, respectivamente 3, 4 5 e 7, incluindo um cenário com todas as variáveis (“Todos”).

Figure 3. Distribution of IBI scale values after the removal of the variables "Lianas," "Dead standing trees," "Woody exotics," and "Late-successional canopy species and individuals," respectively 3, 4, 5, and 7, including a scenario with all variables ("Todos").



Fonte: A autora (2024)

Figura 4. Distribuição dos valores da Escala IIB após a remoção das variáveis “cobertura de dossel”, “Herbáceas nativas”, “cobertura de serrapilheira”, respectivamente 8,10 e 12, incluindo um cenário com todas as variáveis (“Todos”).

Figure 4. Distribution of IIB scale values after the removal of the variables "canopy cover," "native herbaceous plants," and "litter cover," respectively 8, 10, and 12, including a scenario with all variables ("Todos").

A substituição ou inclusão de variáveis pode ser necessária para adaptar a análise ao local de estudo. As variáveis que não contribuem com informações relevantes para a análise das áreas podem ser removidas. Nesses casos, recomenda-se realizar uma nova análise de sensibilidade para avaliar o impacto das alterações na interpretação dos dados.

## **Uso do Índice de Integridade Biótica como metodologia para avaliação das áreas do PMMA**

O Índice de Integridade Biótica se mostrou uma ferramenta relativamente simples e acessível para o monitoramento de fragmentos florestais. A aplicação da metodologia requer uma equipe de campo composta por 3 a 5 pessoas, previamente treinadas nos procedimentos de coleta do material botânico e na coleta dos dados bióticos/abióticos nas parcelas. A liderança de um técnico especialista é fundamental para garantir a qualidade do trabalho e a consistência dos dados obtidos. Essa estrutura garante que a aplicação seja eficiente, mesmo com recursos limitados.

A integração do IIB ao PMMA e Unidades de Conservação Municipais proporcionaria um monitoramento contínuo e padronizado dos fragmentos florestais, permitindo identificar áreas prioritárias para manejo e restauração, além de acompanhar a eficácia das ações de conservação. Sua replicabilidade em diferentes regiões do município facilita uma visão integrada sobre o estado dos fragmentos florestais, contribuindo para decisões mais assertivas e baseadas em dados atualizados.

## **CONCLUSÕES**

A aplicação do Índice de Integridade Biótica nos fragmentos florestais urbanos de Foz do Iguaçu, a partir das 12 variáveis estudadas, possibilitou sua classificação de acordo com o estado de conservação das áreas. As adaptações realizadas no método original refletiram adequadamente as condições encontradas em campo, conforme os dados obtidos nas parcelas analisadas. Além disso, a análise de sensibilidade demonstrou que nenhuma variável, isoladamente, pode influenciar significativamente a avaliação das condições gerais das áreas, evidenciando a necessidade de analisar as variáveis em conjunto. Portanto, a substituição de algumas variáveis para melhor descrever uma região não só é possível, como recomendada, sem que haja prejuízo na análise.

Alguns fragmentos em condições Regular não revelaram tendências claras quanto ao desempenho de variáveis específicas, sugerindo que nenhum fator isolado foi determinante para sua condição. Em vez disso, a interação entre múltiplos fatores, como histórico de uso, formato e tamanho do fragmento, mostrou-se essencial na diferenciação dessas áreas. Esses aspectos devem ser considerados na definição de estratégias de conservação e na seleção de futuras unidades de conservação.

Nesse sentido, consideramos o IIB uma ferramenta viável para ser incorporada ao PMMA de Foz do Iguaçu com uma metodologia facilmente replicável que pode contribuir significativamente para a gestão dos fragmentos florestais, fomentando a conservação da biodiversidade e a mitigação dos impactos das mudanças climáticas no âmbito local, além de ser facilmente compreendida pelo público.

Embora o IIB não substitua estudos de longa duração ou inventários científicos detalhados, seu baixo custo, rapidez na aplicação e flexibilidade geográfica ampliam sua utilidade, permitindo o monitoramento de áreas onde recursos e tempo são limitados. Além disso, sua simplicidade facilita a geração de dados padronizados em curto prazo, servindo como uma base inicial para identificar áreas prioritárias e orientar ações de conservação que facilita a comunicação com o público (ABATE, 1992; BRYCE et al., 2002; SUTULA et al., 2006).

## AGRADECIMENTOS

A autora agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio da concessão de bolsa de estudos, que foi fundamental para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABATE, T. Environmental rapid-assessment programs have appeal and critics. **BioScience**, v. 42, n. 7, p. 486-489, 1992.
- AGUIAR, A. de O.; STEINMETZ, S. Planos Municipais de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica: Lições aprendidas num projeto de mobilização e capacitação. **XXXVII EnANPAD**, 2013.
- ALBERTI, M. Maintaining ecological integrity and sustaining ecosystem function in urban areas. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 2, n. 3, p. 178-184, 2010.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V. et al. Multiple successional pathways in human-modified tropical landscapes: new insights from forest succession, forest fragmentation and landscape ecology research. **Biological Reviews**, v. 92, n. 1, p. 326-340, 2017.
- BALD, J.L. et al; Aspectos estruturais e diversidade arbórea em fragmento florestal urbano no oeste paranaense. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 1006-1023, 2021.
- BARBOSA, L.M. (coord.). Simpósio Sobre Mata Ciliar, 1., 1989, Campinas. Anais... Campinas: Fundação Cargill. p. 269-283, 1989.
- BIANCHINI, E. et al. Diversidade e estrutura de espécies arbóreas em área alagável do município de Londrina, Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 405-419, 2003.
- BONATTI, F.A; VARANDA, E.M. Impacto da comunidade de lianas sobre a comunidade de árvores em um remanescente de floresta estacional semidecidual. **Resumos**, 2007.
- BOURGOIN, C. et al. Human degradation of tropical moist forests is greater than previously estimated. **Nature**, v. 631, n. 8021, p. 570-576, 2024.
- BRASIL. \*Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008\*. Regulamenta a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 24 nov. 2006.

- BROCARD, C.R. et al. Mamíferos do Parque Nacional do Iguaçu. **Oecologia australis**, v. 23, n. 2, p. 165-190, 2019.
- BROWER J.; ZAR J. Field & laboratory methods for general ecology. 2o ed. Iowa: W.C **Brown Publishers**; 1984.
- BRYCE, S.A. et al. Development of a bird integrity index: using bird assemblages as indicators of riparian condition. **Environmental management**, v. 30, p. 294-310, 2002.
- CARDOSO-LEITE, E. **Planejamento Ambiental e Priorização de Áreas para Conservação. Projeto Pesquisa e Extensão**. UFSCAR-FAI-PROEX, 2017.
- CARLUCCI, M.B. et al. The southern Atlantic Forest: use, degradation, and perspectives for conservation. In: The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest. [S.l.]: [s.n.], p. 91-111. 2021.
- CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, 320(5882), 1458-1460. 2008.
- CHAZDON, R.L. et al. Experiências de governança da restauração de ecossistemas e paisagens no Brasil. **Estudos Avançados**, v. 36, n. 106, p. 221-237, 2022.
- CNCFlora. Lista Vermelha da flora brasileira. 2012. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aspidosperma polyneuron](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Aspidosperma_polyneuron)>. Acesso em 23 nov. 2024.
- COLLINS, M.K. et al. Travis. Global trends in urban wildlife ecology and conservation. **Biological Conservation**, v. 261, p. 109236, 2021.
- CONSTANTINI, R.V. O papel das aves na dispersão de espécies exóticas na Mata Atlântica. 2016.
- CORDEIRO, J. et al. Influência das classes pedológicas na fitofisionomia e estrutura florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 44, 2024.
- DE LIMA, R. et al. How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, p. 2135-2148, 2015.
- DE SIQUEIRA, L.P. et al. Engaging people for large-scale forest restoration: governance lessons from the Atlantic Forest of Brazil. In: The Atlantic Forest: History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest, p. 389-402, 2021.
- DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM. 2021. Começam as obras da Perimetral de Foz do Iguaçu. Disponível em: <https://www.der.pr.gov.br/Noticia/Comecam-obras-da-nova-rodovia-perimetral-de-Foz-do-Iguacu>. Acesso em: 10/12/2022.
- DI BITETTI, M.S. et al. Uma visão de Biodiversidade para a Ecorregião Florestas do Alto Paraná–Bioma Mata Atlântica: planejando a paisagem de conservação da biodiversidade e estabelecendo prioridades para ações de conservação. Washington, DC: **World Wildlife Fund**, 2003.
- DINIZ, M.F. et al. How 30 years of land-use changes have affected habitat suitability and connectivity for Atlantic Forest species. **Biological Conservation**, v. 274, p. 109737, 2022.

- ESPINOZA, J.O. et al. Elaboração Do Plano Municipal De Mata Atlântica (Pmma) De Foz Do Iguaçu: Balanço De Um Processo. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 1, n. 1., p.239-243, 2019.
- ESTEVAN, D. et al. Estrutura e relações florísticas de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Londrina, Paraná, Brasil. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 03, p. 713-725, 2016.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual review of ecology, evolution, and systematics**, v. 34, n. 1, p. 487-515, 2003.
- FERREIRA, I.J.M. et al. Landscape pattern changes over 25 years across a hotspot zone in southern Brazil. **Southern Forests: A Journal of Forest Science**, v. 81, n. 2, p. 175-184, 2019.
- FLORA E FUNGA DO BRASIL. Flora e Funga do Brasil [Internet]. 2024 [citado 27 de maio de 2024]. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/consulta/>
- FLORES, T.B. et al. Guia ilustrado para identificação das plantas da Mata Atlântica: legado das Águas: Reserva Votorantim. 2015.
- FOZ DO IGUAÇU. Decreto Municipal nº 27.460, de 14 de agosto de 2019. Estabelece Procedimentos Administrativos para o Requerimento de corte e poda de árvores no Município de Foz do Iguaçu. **Diário Oficial do Município**, 2019.
- GALVANI, F.M., et al. Is biotic integrity of urban forests remnants related with their size and shape?. **Cerne**, v. 26, n. 1, p. 09-17, 2020.
- GALVANI, Fabricio. Integridade biótica de fragmentos florestais em matriz urbana. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade na Gestão Ambiental). [Sorocaba]: **Universidade Federal de São Carlos**. 2018.
- GANDOLFI, S. et al. Theoretical bases of forest ecological restoration. In: Rodrigues, R. R. & Gandolfi, S. (Eds.), High diversity forest restoration in degraded areas. **Nova Science Publishers**. 2007.
- GASPER, A.L. et al. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: espécies da floresta ombrófila mista. **Rodriguésia**, v. 64, p. 201-210, 2013.
- GIACON, V. P.; VALENTE, R. A.; CARDOSO-LEITE, E. Relação entre urbanização e integridade biótica de remanescentes de florestas urbanas. **Ambiente e Sociedade**, São Paulo, v. 25, 2022.
- GONÇALVES, B.A. et al. Diet diversity and seasonality of robust capuchins (*Sapajus* sp.) in a tiny urban forest. **Am J Primatol**. 84(8):e23396, 2022.
- GONÇALVES, B.A. et al. Invasões biológicas e espécies exóticas no continuum dos Parques Nacionais do Iguaçu (Brasil) e Iguazú (Argentina). **Revista Latino-Americana de Estudos Avançados**, v. 1, n. 2, p. 26-38, 2017.
- GORENSTEIN, M. et al. Estrutura de uma floresta antropizada no sudoeste do Paraná. In: 9º Congresso Florestal Brasileiro. p. 376-37, 2022.
- GRACIANO-SILVA, T. et al. Adaptação e eficiência de um índice de integridade biótica para análise da sustentabilidade em florestas urbanas. **Gaia Scientia**, v. 12, n. 2, p. 60-75, 2018.
- GRIS, D.; TEMPONI, L.G. Similaridade florística entre trechos de Floresta Estacional Semidecidual do corredor de biodiversidade Santa Maria-PR. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 3, p. 1069-1081, 2017.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades - Foz do Iguaçu. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo do Parque Nacional do Iguaçu. Brasília, DF: ICMBio, 2018.

KARR, J.R. Assessment of biotic integrity using fish communities. **Fisheries**, v. 6, n. 6, p. 21-27, 1981.

KARR, J.R.; DUDLEY, D.R. Ecological perspective on water quality goals. **Environmental management**, v. 5, p. 55-68, 1981.

LAURANCE, W.F.; VASCONCELOS, H.L. Conseqüências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia brasiliensis**, 2009.

LEMBI, R.C. et al. Urban expansion in the Atlantic Forest: applying the Nature Futures Framework to develop a conceptual model and future scenarios. **Biota Neotropica**, v. 20, p. e20190904, 2020.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. 6. ed. v. 2. **Nova Odessa: Plantarum**, 2022.

LORENZI, H. Árvores brasileiras. 8. ed. v. 1. **Nova Odessa: Plantarum**, 2020.

MABON, L.; SHIH, W. What might 'just green enough' urban development mean in the context of climate change adaptation? The case of urban greenspace planning in Taipei Metropolis, Taiwan. **World development**, v. 107, p. 224-238, 2018.

MACIEL, M.N.M. et al. Classificação ecológica das espécies arbóreas. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 1, n. 2, p. 69-78, 2003.

MARQUES, M.C.M; GRELLE, C.E.V. The Atlantic Forest. History, Biodiversity, Threats and Opportunities of the Mega-diverse Forest. **Springer International Publishing**, 2021.

MARTINS, S.V. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. **Editora UFV**, Universidade Federal de Viçosa, 2012.

MATOS, F.A.R. et al. Secondary forest fragments offer important carbon and biodiversity cobenefits. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 509-522, 2020.

MCKINNEY, M.L. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. **Biological conservation**, v. 127, n. 3, p. 247-260, 2006.

MCGARIGAL, K. Fragstat Help. **Massachusetts**. 2015. Disponível em: <http://umass.edu/landeco/research/fragstats/documents/fragstats.help.4.2.pdf>. Acessado em: 10 fev 2025.

MEDEIROS, H.R.; TOREZAN, J.M. Evaluating the ecological integrity of Atlantic Forest remnants by using rapid ecological assessment. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 185, p. 4373–4382, 2013.

MINELLI, L.H.M. Comunidade de trepadeiras em mata estacional semidecidual: estrutura e resposta após sete anos de manejo por corte. [Monografia]. [Ribeirão Preto]: **Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo**; 2014.

- MISSIO, F.; LONGHI, S.J. Invasão biológica por espécies exóticas em floresta estacional decidual-mesoregião central do estado do Rio Grande do Sul. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, 2019.
- MUNARO, I.O. Espécies arbóreas de um fragmento de floresta estacional semidecidual no oeste do paraná: levantamento florístico e chave de identificação dendrológica. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2022.
- NAHSSEN, M.H.C. et al. Estrutura, composição florística e integridade biótica de fragmento de Mata Atlântica em sucessão secundária. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 6, p. e55611629363-e55611629363, 2022.
- PARANÁ. Portaria IAP nº 059, de 15 de abril de 2015. Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o Estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Paraná**, Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, 2015.
- PANIZZA, Adela María et al. Flora of Anacardiaceae in the Upper Paraná Atlantic Forest. **Rodriguésia**, v. 75, p. e01372022, 2024.
- PARO, D. Árvores ao chão para passagem da Perimetral Leste em Foz do Iguaçu. 2022. H2Foz. Disponível em: <https://www.h2foz.com.br/cidade/arvores-ao-chao-para-passagem-da-perimetral-lesteem-foz-do-iguacu/>Acesso: 11/12/2024.
- PERUCCI, L.R. Composição florística e fitossociologia de um fragmento florestal urbano em Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Neotropical). [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**. 2024.
- PMMA - Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Foz do Iguaçu: PMFI, 2020. Disponível em: <https://portaldosmunicipios.pr.gov.br/municipio/104/documento/67412>. Acesso em: 03 Mar. 2022.
- R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2013. Disponível em: <http://www.R-project.org>. Acesso em: 08 out. 2024.
- RAMOS, V.S. et al. Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação. **Instituto Florestal, Série Registros**, v. 31, p. 137-141, 2007.
- RICHARDSON, D.M. et al. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, 13(1), 89-107. 2007.
- ROCHA, G.M. et al. Atributos físicos do solo de florestas urbanas como indicadores de degradação. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 3, p. 767-778, 2020.
- REZENDE, Camila Linhares et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.
- RUARO, R.; GUBIANI, É. A. A scientometric assessment of 30 years of the Index of Biotic Integrity in aquatic ecosystems: applications and main flaws. **Ecological Indicators**, v.29, p.105-110, 2013.
- SANDRI, L. Espécies vegetais indicadas para enriquecimento de um fragmento florestal urbano a partir de dados fenológicos. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2024.
- SCHNITZER, S. A., BONGERS, F. Increasing liana abundance and biomass in tropical forests: emerging patterns and putative mechanisms. **Ecology Letters**, 14(4), 397-406. 2011.

- SILVA, H.R. Guia de identificação ilustrado de espécies arbóreas em um fragmento florestal urbano no extremo oeste do Paraná. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2023.
- SOUZA, K. et al. Estrutura e estratégias de dispersão do componente arbóreo de uma floresta subtropical ao longo de uma topossequência no Alto-Uruguai. **Scientia forestalis**, v. 43, n. 106, p. 321-332, 2015.
- SOUZA, P.R.D. Levantamento fitossociológico de espécies arbóreas em Floresta estacional semidecidual em São Jorge D'oeste - Paraná. [Monografia]. [Dois Vizinhos]: **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**; 2022.
- SOUZA, R.F. et al. Fitossociologia da vegetação arbórea do Parque Nacional do Iguaçu. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 853-869, 2017.
- SOUZA, R.F. et al. Forests of the Iguaçu National Park: structure, composition, and richness. **Floresta e Ambiente**, v. 26, p. e20150267, 2018.
- SPECIESLINK. speciesLink [Internet]. 2024 [citado 27 de maio de 2024]. Disponível em: <https://specieslink.net/>
- SUTULA, M.A. et al. A practical guide for the development of a wetland assessment method: The California experience 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 42, n. 1, p. 157-175, 2006.
- TABARELLI, M., et al. The 'few winners and many losers' paradigm revisited: Emerging prospects for tropical forest biodiversity. **Biological Conservation**, 155, 136-140. 2012.
- THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**. 1 maio de 181(1):1–20, 2016.
- THIERS, B.M. Index herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff [Internet]. 2024 [citado 25 de dezembro de 2024]. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>.
- TROCHEZ, L.F.C. et al. Apresentação checklist das fanerógamas do Parque Nacional do Iguaçu, Foz do Iguaçu-PR, Brasil. **Revista Latino-Americana de Estudos Avançados**, v. 1, n. 2, p. 71-102, 2017.
- TURCHETTO, F; FORTES, F. Aporte e decomposição de serapilheira em Floresta Estacional Decidual na região do Alto Uruguai, RS. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 391-397, 2014.
- VIEIRA, H.T.P. Áreas verdes urbanas: levantamento florístico das árvores do Horto Municipal de Foz do Iguaçu. [Monografia]. [Foz do Iguaçu]: **Universidade de Integração Latino-Americana**; 2022.
- WALKER, B; STEFFEN, W. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. **Conservation ecology**, v. 1, n. 2, 1997.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### Imagens das áreas de estudo.

1. a-f. Área Vietnã. a-d. *Time lapse* de imagens de satélite; e-f. Imagens da borda externa. 2. a-f. Área Mata Verde. a-d. *Time lapse* de imagens de satélite; e-f. Imagens da borda externa. 3.a-f. Marco das três Fronteiras. a-d. *Time lapse* de imagens de satélite; e-f. Imagens da borda externa. 4a-f. Área Horto. a-d. *Time lapse* de imagens de satélite; e-f. Imagens da borda externa. 5a-f. Área Bosque Macacos. a-d. *Time lapse* de imagens de satélite; e-f. Imagens da borda externa.









## APÊNDICE B

### Script utilizado na análise de sensibilidade para o *Software R*

```

# Preparação -----
# instalar os pacotes caso ainda não tenha
# install.packages("readxl")
# install.packages("tidyverse")
# carrega pacotes
library(readxl)
library(tidyverse)
# local onde está o arquivo dados.xlsx
# ex.: C:/Users/Barb/ dados.xlsx
local_arquivo <- "C:/Users/Barb/dados.xlsx"
# importa dados
dados <- read_excel(local_arquivo)
dados$id <- factor(dados$id)

# Dispersão -----
# formata dados para gráficos
dados_formatados <- dados %>%
  pivot_longer(cols = Vietna:`Bosque Macacos`,
               names_to = "Fragmento",
               values_to = "Escala de Integridade") %>%
  na.omit()
# figura 1
dados_formatados %>%
  ggplot(aes(x = id, y = `Escala de Integridade`)) +
  geom_point(shape = 'o') +
  labs(x = "Variável") +
  theme_classic()

# Análise de sensibilidade -----
# Indicadores para serem removidos
remover <- c(8, 10, 12) # IDs atualizados

```

```

# Calcula todas as combinações possíveis

combinacoes <- list()

for (i in 1:length(remover)) {

  combinacoes <- c(combinacoes, combn(remover, i, simplify = FALSE))

}

# Resultados da análise

resultados <- data.frame(

  "Combinação" = rep("Todos", nrow(dados_formatados)),

  "Escala IBI" = dados_formatados`Escala de Integridade` / dados_formatados$PNI,

  check.names = FALSE,

  stringsAsFactors = FALSE

)

for (combo in combinacoes) {

  # Remove indicadores

  dados_filtro <- dados_formatados %>% filter(!id %in% combo)

  # Combinação atual

  cb <- rep(paste0("-", paste(combo, collapse = ",")), nrow(dados_filtro))

  # Calcula IBI normalizado pela referência

  ibi <- dados_filtro`Escala de Integridade` / dados_filtro$PNI

  # Guarda os resultados

  resultados <- rbind(resultados,

    data.frame("Combinação" = cb,

              "Escala IBI" = ibi,

              check.names = FALSE,

              stringsAsFactors = FALSE))

  # Print para acompanhar o progresso

  print(paste0("-", paste(combo, collapse = ",")))

  print(as.numeric(unique(dados_filtro$id)))

}

# Calcula a variância para cada combinação

resultados %>%

```

```

group_by(Combinação) %>%
  summarise(Var = round(var(`Escala IBI`), 3)) %>%
  View
# figura 1
resultados %>%
  ggplot(aes(x = Combinação, y = `Escala IBI`)) +
  geom_boxplot() +
  theme_classic() + theme(axis.title.x = element_blank())
# Análise de sensibilidade -----
# Indicadores para serem removidos
remover <- c(3, 4, 5, 7) # IDs atualizados
# Calcula todas as combinações possíveis
combinacoes <- list()
for (i in 1:length(remover)) {
  combinacoes <- c(combinacoes, combn(remover, i, simplify = FALSE))
}
# Resultados da análise
resultados <- data.frame(
  "Combinação" = rep("Todos", nrow(dados_formatados)),
  "Escala IBI" = dados_formatados$`Escala de Integridade` / dados_formatados$PNI,
  check.names = FALSE,
  stringsAsFactors = FALSE
)
for (combo in combinacoes) {
  # Remove indicadores
  dados_filtro <- dados_formatados %>% filter(!id %in% combo)
  # Combinação atual
  cb <- rep(paste0("-", paste(combo, collapse = ",")), nrow(dados_filtro))
  # Calcula IBI normalizado pela referência
  ibi <- dados_filtro$`Escala de Integridade` / dados_filtro$PNI
  # Guarda os resultados

```

```
resultados <- rbind(resultados,
                    data.frame("Combinação" = cb,
                                "Escala IBI" = ibi,
                                check.names = FALSE,
                                stringsAsFactors = FALSE))

# Print para acompanhar o progresso
print(paste0("-", paste(combo, collapse = ", ")))
print(as.numeric(unique(dados_filtro$id)))
}

# Calcula a variância para cada combinação
resultados %>%
  group_by(Combinação) %>%
  summarise(Var = round(var(`Escala IBI`, na.rm = TRUE), 3)) %>%
  View

# Visualiza o resultado em um boxplot
resultados %>%
  ggplot(aes(x = Combinação, y = `Escala IBI`)) +
  geom_boxplot() +
  theme_classic() +
  theme(axis.title.x = element_blank())
```

### APÊNDICE C

Composição Florística das espécies arbóreas em suas diferentes famílias, encontradas nas áreas de estudo. Procedência: Nativa (N) e Exótica (E); Dispersão: Zoocórica (Zoo), Anemocórica (Ane) e Autocórica (Aut); Não Encontrado (NE). Grupo Ecológico: Pioneira (P), Não Pioneira (NP), Não Encontrado (NE).

FAMÍLIA Espécie	Nome Popular	Procedência	Dispersão	Grupo Ecológico
<b>ANACARDIACEAE</b>				
<i>Mangifera indica</i> L.	manga	E	Zoo	P
<b>ANNONACEAE</b>				
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	araticum-do-mato	N	Zoo	P
<b>APOCYNACEAE</b>				
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	peroba-rosa	N	Ane	NP
<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	leiteiro	N	Zoo	P
<b>ARALIACEAE</b>				
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	maria-mole	N	Zoo	P
<b>ARECACEAE</b>				
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	palmito-juçara	N	Zoo	NP
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	jerivá	N	Zoo	P
<b>BIGNONIACEAE</b>				
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	ipê-amarelo-da-mata	N	Ane	NP
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	ipê-roxo	N	Ane	NP
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Caroba	N	Ane	NP
<b>BORAGINACEAE</b>				
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	guajuvira	N	Aut	NP
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	louro-pardo	N	Ane	NP
<b>CANNABACEAE</b>				
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	pau-pólvora	N	Zoo	P
<b>CARDIOPTERIDACEAE</b>				
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	falsa-congonheira	N	Zoo	NP
<b>CARICACEAE</b>				
<i>Jaracatia spinosa</i> A. DC.	jaracatiá	N	Zoo	NP
<b>CELASTRACEAE</b>				
<i>Monteverdia ilicifolia</i> (Mart. ex Reissek) Biral	espinheira-santa	N	Zoo	NP
<b>CUNONIACEAE</b>				
<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl ex Ser.	gramoinha	N	Aut	NP
<b>ERYTHROXYLACEAE</b>				
<i>Erythroxylum cuspidifolium</i> Mart.	fruta-de-pomba	N	Zoo	NP
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	fruta-de-pomba	N	Zoo	NP
<b>EUPHORBIACEAE</b>				
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	laranjeira-do-mato	N	Aut	NP
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	tapiá	N	Zoo	P
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	leiteirinho	N	Aut	NP

<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	branquilha	N	Aut	P
FABACEAE				
<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	farinha-seca	N	Aut	NP
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Pata-de-vaca	N	Aut	NP
<i>Calliandra foliolosa</i> Benth.	caliandra	N	Aut	P
<i>Dahlstedtia muehlbergiana</i> (Hassl.) M.J.Silva & A.M.G.Azevedo	feijão-cru	N	Ane	NP
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	dalbergia	N	Ane	NP
<i>Holocalyx balansae</i> Micheli	Alecrim	N	Zoo	NP
<i>Inga marginata</i> Wild.	ingá-feijão	N	Zoo	NP
<i>Inga striata</i> Benth.	ingá-banana	N	Zoo	P
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	feijão-cru	N	Ane	NP
<i>Machaerium stipitatum</i> Vogel	Sapuva	N	Ane	NP
<i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	Embirinha	N	Ane	P
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	angico-vermelho	N	Aut	NP
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Canafistula	N	Aut	NP
<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	amendoim-bravo	N	Ane	NP
<i>Senegalia lorentensis</i> (J.F.Macbr.) Seigler & Ebinger	NE	N	NE	NE
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	monjoleiro	N	Aut	P
<i>Senegalia velutina</i> (DC.) Seigler & Ebinger	NE	N	NE	NE
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	sucupirana	N	Ane	NP
LAMIACEAE				
<i>Aegiphila mediterranea</i> Vell.	tamanqueira	N	Zoo	NP
LAURACEAE				
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr	canela-frade	N	Zoo	NP
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	canela-amarela	N	Zoo	NP
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	canela-louro	N	Zoo	NP
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	canela-amarela	N	Zoo	P
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	canela-louro	N	Zoo	NP
MAGNOLIACEAE				
<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	magnólia-amarela	E	Zoo	NE
MALVACEAE				
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Painera	N	Ane	NP
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Mutambo	N	Ane	P
<i>Luehea candicans</i> Mart.	açoita-cavalo-grande	N	Ane	P
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	açoita-cavalo-miúdo	N	Ane	P
MELIACEAE				
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	canjerana	N	Zoo	P
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	cedro	N	Ane	NP
<i>Guarea kunthiana</i> A.Juss	canjambo	N	Zoo	P
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	peloteira	N	Zoo	NP
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss	catiguá	N	Zoo	NP
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	catiguazinho	N	Zoo	NP
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	catiguá	N	Zoo	NP

## MONIMIACEAE

*Hennecartia omphalandra* J.Poiss. NE N Zoo NP

## MORACEAE

*Ficus benjamina* L. Ficus-benjamin N Zoo P  
*Maclura tinctora* (L.) D.Don ex Steud. taiúva N Zoo NP  
*Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C.Burger et al. falsa-espineira-santa N Zoo NP

## MYRTACEAE

*Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O.Berg gabiroba N Zoo NP  
*Eugenia burkartiana* (D.Legrand) D.Legrand Pitanga-acerola N Zoo NE  
*Eugenia florida* DC. pitanga-preta N Zoo NP  
*Eugenia hiemalis* Cambess. guamirim N Zoo P  
*Eugenia involucrata* DC. Cereja-do-mato N Zoo NP  
*Eugenia longipedunculata* Nied. araçá-folha-larga N Zoo NP  
*Eugenia paracatuana* O. Berg guamirim-de-sombra N Zoo NP  
*Eugenia pyriformis* Cambess. uvaia N Zoo NP  
*Eugenia repanda* O. Berg pitanguinha N Zoo NP  
*Eugenia subterminalis* DC. Cambuí-pitanga N Zoo NP  
*Plinia rivularis* (Cambess.) Rotman piúna N Zoo NP  
*Psidium guajava* L. goiabeira E Zoo NE  
*Psidium guineense* Sw. araçá N Zoo NP

## OLEACEAE

*Chionanthus filiformis* (Vell.) P.S.Green azeitona-do-mato N NE NE

## PHYLLANTHACEAE

*Margaritaria nobilis* L.f. figueirinha N Zoo NP

## PINACEAE

*Pinus canariensis* C.Sm pinheiro-das-canárias E NE NE

## POLYGONACEAE

*Rupretchia laxiflora* Meisn. marmeleiro-do-mato N Ane NP

## PROTEACEAE

*Roupala montana* Aubl. carvalho-brasileiro N Ane NP

## RHAMNACEAE

*Hovenia dulcis* <sup>Exo</sup> Thunb. uva-do-japão E Zoo P

## ROSACEAE

*Eriobotrya japonica* <sup>Exo</sup> (Thunb.) Lindl. nespeira E Zoo P  
*Prunus Myrtifolia* (L.) Urb. pessegueiro-bravo N Zoo NP

## RUTACEAE

*Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. pau-marfim N Ane NP  
*Citrus aurantium* L. laranja-do-mato E Zoo NE  
*Citrus limon* (L.) Osbeck Limão E Zoo NE  
*Esenbeckia febrifuga* (A.St.-Hil.) A. Juss. ex Mart. mamoninha-do-mato N Aut NP  
*Esenbeckia grandiflora* Mart. guaxupita N Aut NP  
*Helietta apiculata* Benth. canela-de-veado N Ane NP

## SALICACEAE

*Banara tomentosa* Clos NE N Zoo NP

<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	guaçatonga	N	Zoo	NP
<i>Prockia crucis</i> P.Browne ex L.	cuiteleiro	N	Zoo	NP
SAPINDACEAE				
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	vacum	N	Zoo	NP
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	vacum	N		
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	camboatã	N	Zoo	NP
<i>Diatenopteryx sorbifolia</i> Radlk.	corroeiro, maria-preta	N	Ane	P
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk	camboatã	N	Zoo	NP
SAPOTACEAE				
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	caxeta-amarela	N	Zoo	NP
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	aguaí	N	Zoo	NP
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	aguaí	N	Zoo	NP
SIMAROUBACEAE				
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl	pau-tenente	N	Zoo	NP
SOLANACEAE				
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	fumeiro	N	Zoo	P
<i>Solanum pseudoquina</i> A.St.-Hil.	canema	N	Zoo	P
URTICACEAE				
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	embaúba-branca	N	Zoo	P
VERBENACEAE				
<i>Aloysia virgata</i> (Ruiz & Pav.) Juss.	lixeira	N	Zoo	P
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.	pau-viola	N	Zoo	P

## APÊNDICE D

Composição Florística das espécies herbáceas em suas diferentes famílias, encontradas nas áreas de estudo. Exo (Exóticas).

Famílias	Espécies	Vietnã	Mata Verde	Marco	Horto	Bosque Macacos	Área de Referência ParNa Iguaçu
Araceae	<i>Monstera deliciosa</i> <sup>Exo</sup> Liebm.				x		
	<i>Epipremnum aureum</i> <sup>Exo</sup> (Linden & André) G.S.Bunting				x		
Araliaceae	<i>Hydrocotyle leucocephala</i> Cham. & Schtdl.	x	x	x	x	x	x
Arecaceae	<i>Geonoma deversa</i> (Poit.) Kunth				x		
	<i>Livistona saribus</i> <sup>Exo</sup> (Lour.) Merr. ex A.Chev.				x		
Commelinaceae	<i>Tradescantia zebrina</i> <sup>Exo</sup> Heynh. ex Bosse	x	x		x	x	
Costaceae	<i>Costus spicatus</i> <sup>Exo</sup> (Jacq.) Sw.	x			x		
Hypoxidaceae	<i>Curculigo capitulata</i> <sup>Exo</sup> (Lour.) Kuntze	x		x			
Orchidaceae	<i>Aspidogyne argentea</i> <sup>Exo</sup> (Vell.) Garay	x					
Oxalidaceae	<i>Oxalis</i> sp.					x	
Piperaceae	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) Kunth						x
Poaceae	<i>Olyra latifolia</i> L.	x	x	x	x		x
	<i>Olyra humilis</i> Nees	x	x	x		x	
	<i>Phyllostachys aurea</i> <sup>Exo</sup> Carrière ex Rivière & C. Rivière	x					
	<i>Olyra ciliatifolia</i> Raddi	x	x				
	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	x		x	x	x	
	<i>Setaria</i> sp.						
Pteridaceae	<i>Megathyrsus maximus</i> <sup>Exo</sup> (Jacq.) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs					x	
	<i>Pteris cretica</i> <sup>Exo</sup> L.	x					
Rubiaceae	<i>Geophila repens</i> (L.) I.M.Johnst.	x	x	x	x	x	x
	<i>Geophila macropoda</i> (Ruiz & Pav.) DC.	x	x				