



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ALTAMIRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO**

BRUNA UANA DE BRITO

**ESPÉCIES ESPECIALISTAS, GENERALISTAS E RARAS DE ODONATA
(INSECTA), EM IGARAPÉS DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS,
AMAZÔNIA**

**ALTAMIRA – PA
2025**

BRUNA UANA DE BRITO

**ESPÉCIES ESPECIALISTAS, GENERALISTAS E RARAS DE ODONATA
(INSECTA), EM IGARAPÉS DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS,
AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Dias da Silva

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

D278e de Brito, Bruna Uana.
ESPÉCIES ESPECIALISTAS, GENERALISTAS E RARAS
DE ODONATA (INSECTA), EM IGARAPÉS DA FLORESTA
NACIONAL DE CARAJÁS, AMAZÔNIA / Bruna Uana de Brito.
— 2025.
28 f.

Orientador(a): Prof^ª. Dra. Karina Dias-silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Altamira, Programa de Pós-Graduação
em Biodiversidade e Conservação, Altamira, 2025.

1. insetos aquáticos; Anisoptera; Zygoptera; vegetação
riparia. I. Título.

CDD 574.522209811

BRUNA UANA DE BRITO

**ESPÉCIES ESPECIALISTAS, GENERALISTAS E RARAS DE ODONATA
(INSECTA), EM IGARAPÉS DA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS,
AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Pará, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Biodiversidade e Conservação para obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação.

Data da aprovação: ____/____/____

Banca Examinadora:

Nome com titulação
Examinador interno/externo - Instituição a que pertence

Nome com titulação
Examinador interno/externo - Instituição a que pertence

Nome com titulação
Examinador interno/externo - Instituição a que pertence

Nome com titulação
Examinador interno/externo - Instituição a que pertence

Nome com titulação
Examinador interno/externo - Instituição a que pertence

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho à todas as mulheres
que vieram antes de mim, e que através
de suas lutas, permitiram que hoje
fosse possível eu me tornar cientista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal do Pará, Campus de Altamira que me possibilitou obter minha formação de graduação e mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação, por me oferecer a oportunidade de desenvolver este trabalho e por me atribuir tantos conhecimentos e experiência memoráveis.

Agradeço aos meus pais, Ugo e Normelia, por acreditarem em mim, ao meu esposo Jakson que esteve comigo no decorrer dessa caminhada e me apoiou nos dias de muita ansiedade.

As minhas amigas que fiz no decorrer do mestrado, Dani, Thais e Cassiele, e que foram muito importantes no processo das atividades das disciplinas e me deram apoio na escrita desse trabalho.

Agradeço de forma muito especial a minha amiga Esiene que está comigo desde da graduação e embarcou comigo nessa jornada do mestrado, e que sempre me ajudou em todas as minhas dúvidas e sempre me deu o apoio necessário para chegar até aqui. Obrigada amiga, você tornou essa caminhada mais leve.

Ao meu grupo de pesquisa Leia-X, que me acolheram e me ajudaram em diversas etapas. obrigada a vocês por toda a ajuda e pelos momentos de sorrisos.

O meu maior agradecimento vai para a minha orientadora a Professora Doutora Karina Dias, que aceitou me orientar quando eu estava sem rumo e nada fazia sentido, que me acolheu e permitiu que eu pudesse ser eu, ela me mostrou o caminho, mas sempre me permitiu que eu mesma a trilhasse de forma única. Professora a senhora é uma pessoa que brilha, obrigada por me permitir crescer, e obrigada pela paciência, ainda tenho um longo caminho pela frente, mas até aqui, já fez uma linda história em minha vida acadêmica. Mil vezes obrigada por tudo!!!

EPÍGRAFE

“O que não provoca minha
morte, faz com o que eu
fique mais forte”
Friedrich Nietzsche

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos são constantemente afetados pelas várias atividades antrópicas. O desmatamento da vegetação ripária dos igarapés para o cultivo de monoculturas de ciclo curto ou longo, pastagens, urbanização, mineração entre outros, alteram o ambiente. Essas alterações impactam diretamente as comunidades de insetos aquáticos, como os da ordem Odonata, que apresentam uma alta sensibilidade às mudanças causadas no meio, especialmente a subordem Zygoptera que apresenta maior número de espécies especialistas em áreas preservadas em relação a subordem Anisoptera. Nosso objetivo foi avaliar a ocorrência de espécies de Odonata generalistas, especialistas e raras em igarapés fora e dentro da (FLONA) Floresta Nacional de Carajás. A coleta foi realizada em 21 igarapés situados na região dentro e fora da FLONA de Carajás, em outubro de 2022 e setembro de 2023. Em cada igarapé foi definido um trecho de 100 m, subdividido em 20 segmentos de 5 metros. Para a captura dos espécimes, foram utilizadas redes entomológicas (puçás), no horário entre as 10 horas e às 14 horas. Os espécimes foram armazenados ainda em campo em envelopes de papel manteiga até a chegada ao laboratório, depois de identificados foram depositados na coleção do Laboratório de Ecologia (LABECO) da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Altamira. Em todos os igarapés foi aplicado o Índice de Integridade do Habitat (IIH), para avaliar o nível de integridade física desses ambientes. Para avaliar a ocorrência das espécies nós executamos duas análises de dados, o teste Classificação Multinomial de Espécies (CLAM) e a regressão linear simples. Sendo utilizado o ambiente R. Coletamos 605 exemplares, oito famílias, 30 gêneros e 71 espécies. Com esse trabalho obtivemos, que apenas espécies da subordem Zygoptera foram classificadas como especialista de ambientes dentro e fora e generalista de habitat. E a variável índice de integridade influenciou negativamente a riqueza das espécies raras. As espécies da subordem Zygoptera normalmente estão mais presentes em ambientes com maior integridade devido a sua ecofisiologia. Espécies raras podem estar em maior risco de extinção devido sua baixa abundância. Com isso, a retirada da vegetação tende a prejudicar espécies de comportamento especialista de áreas mais integras, além de causar um efeito negativo nas espécies classificadas como raras.

Palavras-chaves: insetos aquáticos; Anisoptera; Zygoptera; vegetação ripária.

ABSTRACT

Aquatic ecosystems are constantly affected by various anthropogenic activities. The deforestation of riparian vegetation in streams for the cultivation of short- or long-cycle monocultures, pastures, urbanization, mining, among others, alters the environment. These changes directly impact aquatic insect communities, such as those of the order Odonata, which exhibit high sensitivity to environmental changes, especially the suborder Zygoptera, which has a higher number of specialist species in preserved areas compared to the suborder Anisoptera. Our objective was to assess the occurrence of generalist, specialist, and rare Odonata species in streams inside and outside the Carajás National Forest (FLONA). The collection was conducted in 21 streams located in the region inside and outside FLONA Carajás, in October 2022 and September 2023. In each stream, a 100-meter section was defined and subdivided into 20 segments of 5 meters each. Specimens were captured using entomological nets (sweep nets) between 10:00 AM and 2:00 PM. The specimens were stored in the field in parchment paper envelopes until they arrived at the laboratory. After identification, they were added to the collection of the Ecology Laboratory (LABECO) at the Federal University of Pará – UFPA, Altamira Campus. The Habitat Integrity Index (HII) was applied in all streams to assess the level of physical integrity of these environments. To evaluate species occurrence, we performed two data analyses: the Multinomial Species Classification Test (CLAM) and simple linear regression, using the R environment. We collected 605 specimens, belonging to eight families, 30 genera, and 71 species. Our study found that only species from the suborder Zygoptera were classified as specialists in environments both inside and outside the forest, as well as generalists in habitat use. The habitat integrity index negatively influenced the richness of rare species. Species from the suborder Zygoptera are usually more present in environments with higher integrity due to their eco-physiology. Rare species may be at greater risk of extinction due to their low abundance. Therefore, the removal of vegetation tends to harm species with specialist behavior in more intact areas, in addition to having a negative effect on species classified as rare.

Keywords: aquatic insects; Anisoptera; Zygoptera; riparian vegetation.

SUMÁRIO

RESUMO	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	7
2.1 Objetivo geral	7
2.2 Objetivos específicos	8
3. HIPÓTESES.....	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	8
4.1 Área de estudo	8
4.2 Coleta de dados biológicos.....	9
4.3 Coleta de dados ambientais	10
4.4 Variáveis de integridade de habitat	10
4.5 Análises estatísticas	10
5. RESULTADOS	11
6. DISCUSSÃO.....	13
7. CONCLUSÃO.....	16
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

1. INTRODUÇÃO GERAL

Dentre as perturbações causadas pelas ações antrópicas, a mudança no uso da terra para agricultura ou pastagens é um dos principais fatores de degradação ambiental em ecossistemas terrestres e aquáticos (Resende et al., 2021). Em ambientes aquáticos de água doce, como rios e córregos, a heterogeneidade da vegetação ripária também é um fator importante para a estruturação de comunidades aquáticas (Veras et al., 2024). Isso ocorre devido a vegetação ripária exerce efeitos diretos e indiretos sobre uma série de processos físicos e químicos no meio. Esses processos incluem a retenção de sedimentos evitando o assoreamento dos igarapés, auxiliam também na ciclagem de nutrientes, além do fornecimento de recursos como alimento e abrigo para os organismos (Costa et al., 2021).

Essas mudanças afetam as comunidades de organismos podendo levar à exclusão local de espécies com habitats restritos. Além de que, essas mudanças tendem a levar a homogeneização de comunidades biológicas (Juen et al., 2014). Dentre esses organismos está a ordem Odonata, essa ordem é composta por libélulas (subordem Anisoptera) e libelinhas (subordem Zygoptera) (Batista et al., 2021). Os Odonata são insetos com uma ampla distribuição em ecossistemas aquáticos de água doce, com uma que apresentam uma gama de adaptações comportamentais e fisiológicas para as variações da temperatura ambiente (Oliveira-junior; Juen, 2019).

Por exemplo, enquanto os anisópteros apresentam corpos normalmente mais robustos e com maior capacidade de voo, os zigópteros tendem a serem menores e com corpos mais afinados, e uma menor capacidade de voo (May, 1976). Com isso, a subordem Anisoptera está mais associada a locais abertos e ensolarados devido ao seu maior tamanho e melhor capacidade de termorregulação, enquanto a subordem Zygoptera está normalmente restrita a áreas com maior cobertura do dossel, devido ao seu menor tamanho e menor controle sobre sua temperatura corporal (Ferreira et al., 2023).

Isso ocorre também, devido os Odonata apresentarem diferenças ecofisiológicas sendo divididos em heliotérmicos, conformadores térmicos e endotérmicos. Os heliotérmicos necessitam mais da luz solar, estando mais presentes em áreas com menor cobertura vegetal (Marco et al., 2015; Oliveira-junior et al., 2017). Já os conformadores térmicos por conseguirem aumentar sua temperatura corporal por convecção do ar conforme a temperatura aumenta, conseguem normalmente sobreviver

em ambientes tanto mais alterado como preservado. Embora não seja uma regra, normalmente as espécies da subordem Anisoptera apresentam indivíduos heliotérmicos ou endotérmico, enquanto a subordem Zygoptera geralmente são conformadores termais (Veras et al., 2022).

A ordem Odonata têm sido utilizada como bons modelos para avaliar mudanças nos ecossistemas aquáticos, por serem organismos que apresentam comportamento tanto aquático (larva) como terrestre (adultos), além de apresentarem sensibilidade as mudanças imposta ao meio (Juen et al., 2023; Miguel et al., 2017). Essa ordem é composta por organismos com comportamentos generalistas, que ocupam um nicho mais amplo, e especialistas, que ocupam um nicho mais estreito (Pereira-moura et al., 2023). Além das espécies classificadas como raras, e neste caso, o termo raro não se refere diretamente a ameaça de extinção, essas espécies podem ser classificadas como raras apenas na área que está sendo estudada (Lennon et al., 2004).

Com isso, mudanças no uso da terra afetam a sobrevivência das comunidades biológicas e o funcionamento da biota (Calvão et al., 2023). A frequência e a abundância das espécies também são afetadas pelas alterações no ambiente (Juen et al., 2014), com habitats apresentando diferentes distribuições de abundância, mas seguindo o modelo de poucas espécies muito abundantes e muitas espécies pouco abundantes (Seidu et al., 2019; Šigutová et al., 2019).

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência da integridade do habitat (IIH) na composição de espécies de Odonata em igarapés alterados e preservados, com foco na proporção de espécies especialistas e generalistas das subordens Zygoptera e Anisoptera.

2.1 Objetivos específicos

- Identificar as espécies raras, generalistas e especialistas em áreas alteradas e áreas preservadas;
- Avaliar a influência da integridade de habitat sobre a abundância e riqueza das espécies generalistas, especialistas e sobre a riqueza de espécies raras de Odonata.

3. REFERÊNCIAS

- BATISTA, J. D. et al. Sampling efficiency of a protocol to measure Odonata diversity in tropical streams. **PLoS ONE**, v. 16, n. 3, p. 1–18, 2021.
- CALVÃO, L. B. et al. Effects of the loss of forest cover on odonate communities in eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, v. 27, n. 2, p. 205–218, 2023.
- COSTA BASTOS, R. et al. Morphological and phylogenetic factors structure the distribution of damselfly and dragonfly species (Odonata) along an environmental gradient in Amazonian streams. **Ecological Indicators**, v. 122, 2021.
- DE MARCO, P.; BATISTA, J. D.; CABETTE, H. S. R. Community assembly of adult odonates in tropical streams: An ecophysiological hypothesis. **PLoS ONE**, v. 10, n. 4, 2015.
- DE RESENDE, B. O. et al. Impact of environmental changes on the behavioral diversity of the Odonata (Insecta) in the Amazon. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–12, 2021.
- FERREIRA, V. R. S. et al. Amazonian Odonata Trait Bank. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 6, p. 1–21, 2023.
- JUEN, L. et al. Composição e riqueza de odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono cerrado-floresta amazônica. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 223–233, 2014.
- JUEN, L. et al. The First Mitochondrial Genome of an Odonata Edemic to South America, *Chalcopteryx rutilans* (Rambur, 1842) (Odonata: Polythoridae), and Its Implications for the Phylogeny of the Zygoptera. **Diversity**, v. 15, n. 8, 2023.
- LENNON, J. J. et al. Contribution of rarity and commonness to patterns of species richness. **Ecology Letters**, v. 7, n. 2, p. 81–87, 2004.
- MIGUEL, T. B. et al. A scientometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. **International Journal of Odonatology**, v. 20, n. 1, p. 27–42, 2017.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. DE et al. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. **Limnologica**, v. 66, n. 1, p. 31–39, 2017.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 552–560, 2019.
- PEREIRA-MOURA, L. et al. Habitat specificity and morphology-main filters for the distribution of Odonata in the Cerrado Maranhense, Brazil. **Aquatic Ecology**, v. 57, n. 2,

p. 443–458, 2023.

SEIDU, I. et al. Patterns of Odonata Assemblages in Lotic and Lentic Systems in the Ankasa Conservation Area, Ghana. **International Journal of Zoology**, v. 2019, 2019.

ŠIGUTOVÁ, H.; ŠIPOŠ, J.; DOLNÝ, A. A novel approach involving the use of Odonata as indicators of tropical forest degradation: When family matters. **Ecological Indicators**, v. 104, n. April, p. 229–236, 2019.

VERAS, D. S. et al. Environmental thresholds of dragonflies and damselflies from a Cerrado-Caatinga ecotone. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 9, 2022.

VERAS, D. S. et al. Heterogeneity in altered streams does not increase the richness of stream specialist species of Odonata in the Maranhense Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, v. 28, n. 4, p. 665–674, 2024.

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de água doce estão entre os ecossistemas mais alterados e degradados pelas ações humanas (Allan; Castilho, 2007). As alterações antrópicas causam a retirada da vegetação ripária para substituição por monoculturas de ciclo curto ou longo, para fins de pastagens ou urbanização. Dessa forma, essas mudanças alteram as condições da água, reduzem a qualidade e a disponibilidade de habitat e alimento para as comunidades aquáticas (Miguel et al., 2017a; Neachell, 2014). Nos igarapés de pequena ordem a principal fonte de energia e abrigo dos organismos que vivem nestes ecossistemas é provida pela vegetação ripária (Nessimian et al., 2008; Veras et al., 2022).

Essa vegetação auxilia também na estabilidade da temperatura da água, atua como filtro impedindo o assoreamento do igarapé por meio do carreamento excessivo de sedimentos para dentro do leito durante as chuvas, e ainda contribui no abastecimento do lençol freático (Allan, 2004). A remoção da vegetação ripária reduz a disponibilidade de material alóctone, como galhos e folhas, possibilitando uma homogeneização de recursos dentro dos igarapés, o que poderá conseqüentemente propiciar a dominância de espécies generalistas e reduzir as espécies sensíveis ou especialistas em ambientes íntegros (Oliveira-Junior; Juen, 2019; Veras et al., 2024). As espécies generalistas tendem a ser mais tolerantes às mudanças causadas no meio, e com isso, são mais comuns em diferentes tipos de habitat (Sriswasdi; Yang; Iwasaki, 2017). Enquanto as especialistas apresentam menor tolerância e maior fragilidade às mudanças causadas no ambiente, sendo mais presentes em habitat mais específicos e com menor influência humana (Gad et al., 2020; Pratchett et al., 2012).

Dentre dos organismos aquáticos, os Odonata são um grupo biológico que podem ser afetados por esses impactos, pois necessitam da vegetação terrestre e aquática para suas atividades reprodutivas na fase adulta (Oliveira-Junior et al., 2017). Ademais, seus ovos e larvas necessitam de específicas condições aquáticas físicas, químicas e estruturais para desenvolvimento e sobrevivência como, pH, temperatura, sólidos e oxigênio dissolvidos (Suárez-Tovar et al., 2022). Esse grupo apresenta duas subordens presentes na América do Sul, Anisoptera e Zygoptera (conhecidos popularmente como libélula e libelinha, respectivamente), apresentam características distintas que resultam em padrões de diversidade em escalas geográficas (Alves-Martins et al., 2019; Sganzerla et al., 2021).

A distribuição da diversidade de Odonata está associada às zonas climatológicas, sendo a temperatura responsável por um aumento enfático da diversidade desde os polos até ao equador (Kalkman et al., 2008). As florestas tropicais, por sua grande variedade de habitats aquáticos, abrigam a maior riqueza desses organismos (Orr, 2006). Devido à sua estreita relação com o meio aquático, e às suas características ecofisiológicas, os organismos dessa ordem, são sensíveis a alterações físicas e químicas em seu habitat, sendo que algumas espécies apresentam requisitos ambientais e ecológicos bastante específicos para sua ocorrência (Garcia et al., 2020).

A ordem Odonata tem sido utilizada na avaliação e no monitoramento de ambientes aquáticos, por serem organismos que apresentam comportamento tanto aquático (larva) como terrestre (adultos), além de serem sensíveis as mudanças causadas no meio (Datto-Liberato et al., 2024; Juen et al., 2023; Miguel et al., 2017). Essa ordem apresenta indivíduos generalistas, que ocupam um nicho mais amplo, e especialistas, que ocupam um nicho mais estreito (Pereira-moura et al., 2023). Contudo, todas as comunidades são compostas por um pequeno número de espécies comuns com um maior conjunto de espécies raras, e neste caso, o termo raro não se refere diretamente a ameaça de extinção (Lennon et al., 2004).

Entre as diversas razões para uma espécie ser considerada rara, destaca-se, uma espécie pode ser considerada rara se for encontrada em apenas uma fração das localidades pesquisadas ou se apenas alguns poucos indivíduos forem encontrados ao longo da amostragem (Renner et al., 2022). A perturbação dos habitats, afeta a sobrevivência das comunidades biológicas e o funcionamento da biota (Calvão et al., 2023). A frequência e a abundância das espécies são afetadas pelas alterações no ambiente (Juen et al., 2014), com habitats apresentando diferentes distribuições de abundância, mas seguindo o modelo de poucas espécies muito abundantes e muitas espécies pouco abundantes (Seidu et al., 2019; Šigutová et al., 2019).

Os adultos de Odonata diferem em sua ecofisiologia, sendo divididos em dois grupos: “voadores” e “pousadores” (Corbet, 1999). Os indivíduos voadores são endotérmicos que produzem calor endógeno. Os poleiros são geralmente ectotérmicos usando a luz solar e a temperatura do ambiente para se aquecerem. Eles podem ser conformadores térmicos ou heliotérmicos (Monteiro-Júnior et al., 2014). Zygoptera são em sua maioria conformadores, de pequeno porte, têm alta condutância térmica, e suas temperaturas corporais variam com a temperatura do ambiente. Os heliotérmicos têm

tamanhos corporais maiores (alguns Zygoptera e a maioria dos Anisoptera) e, portanto, menor condutância; sua atividade é determinada principalmente pela incidência de luz solar (Corbet; May, 2008; Oliveira-Junior et al., 2015).

A termorregulação dos adultos também influencia a sua preferência de habitat, sendo que a maioria das espécies de Zygoptera está restrita a áreas onde a cobertura do dossel e o sombreamento estão mais preservados, enquanto Anisoptera estão presentes em maior abundância e riqueza em áreas abertas com maiores entradas de luz solar (Carvalho-Soares et al., 2022). A subordem Anisoptera geralmente possui corpos maiores e, em geral, maior capacidade de dispersão quando comparada com as espécies de Zygoptera, que possuem corpos mais delgados e uma capacidade de dispersão reduzida (Oliveira-Junior et al., 2021). Assim, as espécies de Zygoptera dependem mais do seu habitat devido às suas limitações na dispersão (Corbet, 1999; French; Mccauley, 2018).

Além da termorregulação a oviposição também é importante para determinar a distribuição das espécies de Odonata. Odonata apresenta uma alta diversidade no seu modo reprodutivo, ou seja, sua oviposição (Perreira et al., 2019). Geralmente as espécies da subordem Anisoptera exibem comportamento de oviposição exofítica, depositando seus ovos diretamente na água. Já a maioria das espécies da subordem Zygoptera realiza comportamento de oviposição endofítica, depositando seus ovos dentro do tecido vegetal, vivo ou morto (Calvão et al., 2022; Resende et al. 2021; Rodrigues et al., 2019).

Além disso, as duas subordens possuem espécies com oviposição epífita, sendo os ovos colocados em superfícies como, troncos, rochas, folhas, galhos e outros substratos presentes no igarapé (Rodrigues et al., 2019). Com isso, a maioria das espécies tanto endofíticas como epífitas necessitam da vegetação ribeirinha para a deposição dos seus ovos, sendo a disponibilidade de diferentes locais de oviposição é importante para a reprodução e o desenvolvimento larval (Veras et al., 2024).

Conseqüentemente, mudanças ambientais podem servir como filtro, o que pode influenciar no padrão de distribuição das Odonata. Esse grupo tem se apresentando muito eficiente para testar hipóteses de mudanças no ambiente, devido a apresentar dependência tanto das condições de dentro do igarapé como de sua vegetação circundante. Supondo esse contexto, nesse estudo, avaliamos as seguintes hipóteses: (i) igarapés com maior integridade ambiental apresentarão maior número de espécies especialistas da subordem Zygoptera devido a essa subordem apresentar espécies mais sensíveis a mudanças ambientais, e serem dependentes da presença da vegetação ciliar. (ii) um maior

número de espécies generalistas da subordem Anisoptera em igarapés alterados, devido a essa subordem apresentar maior plasticidade ambiental (Brito et al., 2021). (iii) Espera-se ainda detectar uma relação negativa entre o índice da integridade do habitat (IIH) e a riqueza e abundância de espécies especialista de igarapés preservados e alterados e uma relação negativa com a riqueza das espécies raras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em 21 igarapés, onde destes, sete estão situados fora da Floresta Nacional de Carajás, em áreas de floresta e pastagem, e 14 estão situados dentro da FLONA (Figura 1), uma Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável desde 02 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998). A FLONA abrange uma área de aproximadamente 400.000 hectares, ocupando parte dos municípios de Parauapebas (76,51%), Canaã dos Carajás (22,50%) e Água Azul do Norte (0,99%), Pará (ICMBIO, 2015).

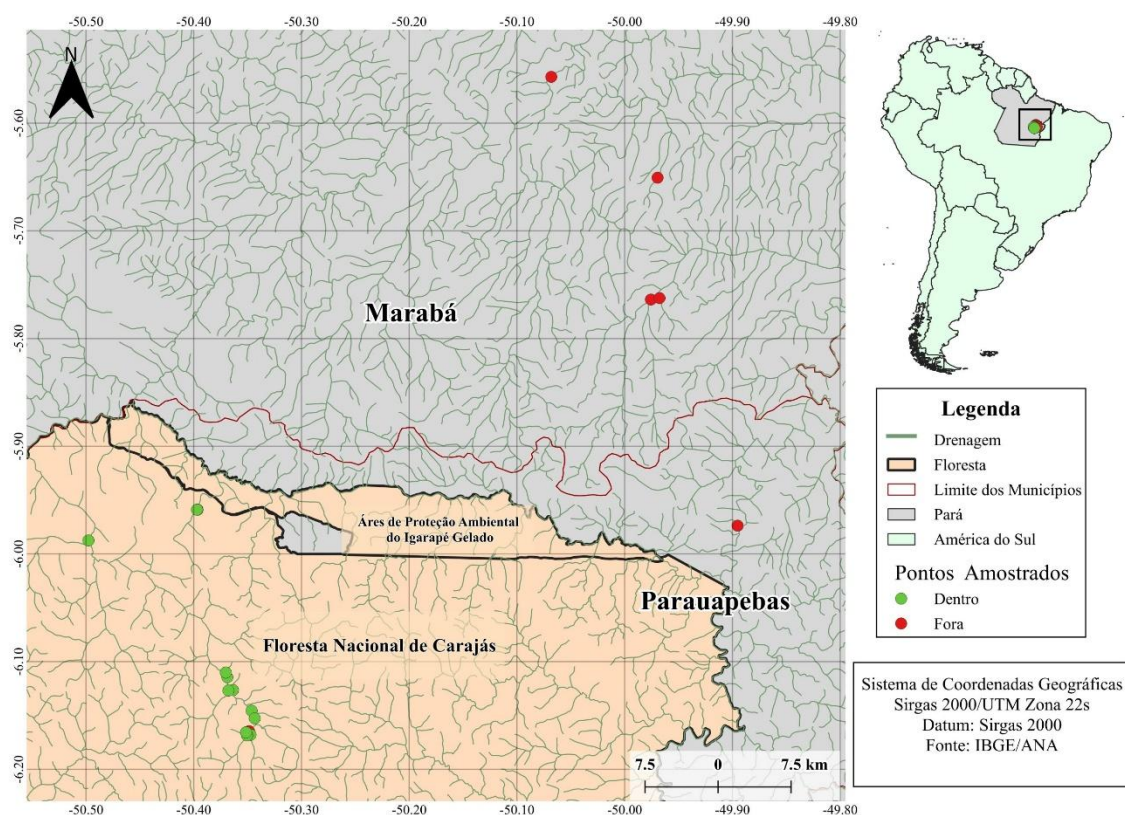


Figura 1. Localização dos pontos de coleta de Odonata adulto amostrados dentro e fora da Floresta Nacional de Carajás, nos municípios de Parauapebas e Marabá, Pará. (Fonte: Leia-X).

As coletas ocorreram em dois momentos sendo em outubro de 2022 e setembro de 2023, período de seca amazônica (que ocorre do mês julho ao mês dezembro). Os igarapés coletados são classificados como de 1ª a 3ª ordem (Strahler, 1957). A região estudada é formada por uma densa Floresta Ombrófila, com zonas de Savana Metalófila. O clima é classificado como equatorial úmido de acordo com a classificação de Köppen-Geiger. O período com maior precipitação ocorre tipicamente entre o mês de dezembro e maio, com uma curta estação seca geralmente ocorrendo entre agosto e novembro, quando a precipitação mensal é inferior a 60 mm (Peel et al., 2007). A temperatura média anual varia entre 19 °C e 31°C, nas áreas de Marabá, entre 25°C a 26 °C em Parauapebas. A umidade relativa varia entre 79 a 82% e a precipitação média anual é de aproximadamente 2000 a 2400 mm anual (Amazônia et al., 2011).

2.2 Coleta de dados biológicos

Para este estudo, foram coletados espécimes adultos utilizando o método de varredura em zonas fixas, sendo que em cada igarapé, foi definido um trecho de 100 m, cada trecho foi subdividido em 20 segmentos de cinco metros (Cabette et al., 2010). Para a captura dos espécimes, foram utilizadas redes entomológicas (puçá), com diâmetro de 45 cm, com profundidade de 65 cm e comprimento de 90 cm, no horário entre as 10 horas da manhã e às 14 horas da tarde, período que os Odonata estão em maior atividade (Batista et al., 2021). Os espécimes foram armazenados em envelopes de papel manteiga com a identificação de cada ponto de coleta (Carvalho-Soares et al., 2022; Oliveira-Junior; Juen, 2019). Em laboratório, os exemplares foram acondicionados em acetona por 24 horas, posteriormente, colocados para secar por uma hora, e em seguida identificados ao nível específico com o auxílio de lupas e chaves taxonômicas de Lencioni (2005, 2006). Os exemplares estão depositados na coleção do Laboratório de Ecologia (LABECO) da Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus Altamira.

2.3 Variáveis de integridade de habitat

A avaliação da integridade física dos igarapés foi realizada por meio do Índice de Integridade do Habitat (IIH), método que foi desenvolvido por Nessimian et al (2008), onde foram mensuradas 12 características do habitat, que buscam avaliar a estrutura dos corpos d'água, como, a conservação da vegetação ribeirinha, padrão de uso da terra adjacente, largura e preservação da vegetação ciliar em uma extensão de 10 m, estrutura

e desgaste dos barrancos das margens do igarapé, condição do canal, tipo de sedimento, presença ou ausência de dispositivos de retenção, tipo de vegetações aquáticas e detritos e tipo de substrato. O IIH varia de 0 a 1 sendo que valores próximos a 0 indicam igarapés degradados e valores próximos a 1 igarapés conservados. Este índice, tem demonstrado eficiente na análise da qualidade física do ambiente em igarapés da Amazônia (Brasil et al., 2020).

2.5 Análises estatísticas

Para a classificação da espécies em especialistas, generalistas ou raras foi utilizado o teste de Classificação Multinomial de Espécies (CLAM), (Chazdon et al., 2011). O CLAM objetiva analisar as espécies especialistas de dois ambientes e generalistas de habitat sem descartar as espécies raras. O teste classifica várias espécies, para duas categorias, levando em conta a distribuição e abundância das espécies. Ocorrência menor que 10 indivíduos levam à classificação como espécies raras. A função utilizada para rodar o CLAM foi a *clamtest*, pacote *vegan* (Oksanen et al., 2012), realizada no ambiente R.

Para testar o efeito das variáveis ambientais sobre a abundância das espécies generalistas e especialistas, e riqueza das espécies raras, foi realizada uma regressão linear simples utilizando a função *lm* dentro do pacote *vegan* (Brant et al., 2022). A regressão é um meio de prever uma variável dependente com base em uma ou mais variáveis independentes o principal objetivo da análise de regressão é determinar e estimar parâmetros de uma função que descrevem o melhor ajuste para um dado conjunto de dados (Silva et al., 2022). Utilizamos *log* da riqueza para obtemos normalidade dos resíduos e homogeneidade de variância. Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o ambiente R (4.3.2).

3. RESULTADOS

Foram coletados 605 indivíduos, oito famílias, 30 gêneros e 71 espécies. A subordem Zygoptera apresentou 544 (89,9%) indivíduos, distribuídos em cinco famílias, 14 gêneros e 40 espécies. As espécies de Zygoptera com maior número de indivíduos foram *Chalcopteryx rutilans* (n=148), *Mnesarete cupraea* (n=75) e *Argia tinctipennis* (n=48). Foram identificados 61 (10,1%) indivíduos de Anisoptera, distribuídos em três famílias, 16 gêneros e 31 espécies, onde, as espécies de Anisoptera com maior ocorrência

de indivíduos foram *Perithemis lais* (n=6), *Oligoclada abbreviata* (n=4) *Erythrodiplax umbrata* (n=4).

Os igarapés fora da FLONA apresentaram 170 indivíduos e 31 espécies de Zygoptera e 24 indivíduos e 15 espécies de Anisoptera. Os igarapés de dentro da FLONA apresentaram 380 indivíduos e 30 espécies da subordem Zygoptera e 31 indivíduos e 17 espécies da subordem Anisoptera.

A análise do CLAM teve como resultado quatro espécies especialistas de igarapés em igarapés fora da FLONA, *Argia reclusa*, *Epipleoneura venezuelensis*, *Epipleoneura metallica*, *Neoneura ethela* e duas espécies especialistas dos locais íntegros, ou seja, os igarapés dentro da FLONA, *Chalcopteryx rutilans* e *Mnesarete cuprea*. As espécies *Argia tinctipennis* e *Heteragrion bariai* foram consideradas como espécies de comportamento generalista de habitat. As demais 208 espécies foram classificadas como espécies raras (Figura 2). Os ambientes alterados e íntegros apresentaram, respectivamente, quatro e duas espécies especialistas, representando 1,9% e 0,9% das espécies encontradas. Em contrapartida, a análise classificou duas espécies como generalistas de habitat sendo 0,9% das espécies analisadas e 208 espécies como raras 96,3%.

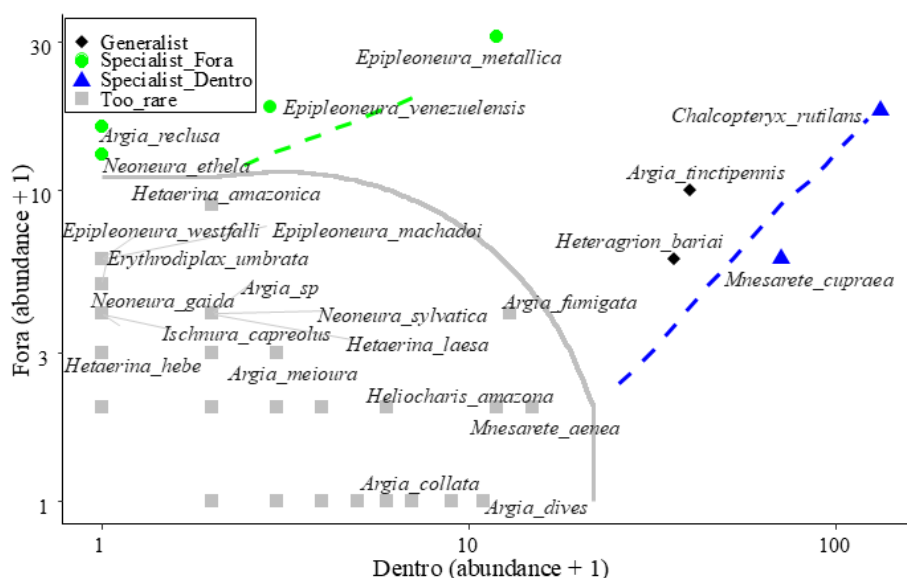


Figura 2. Amostragem das espécies generalistas, especialistas e raras de igarapés dentro e fora da Floresta Nacional de Carajá.

Na análise de regressão linear simples, a integridade de habitat (IIH) influenciou a comunidade de Odonata, uma vez que o índice de integridade explicou 16% da variação da riqueza das espécies raras, onde a integridade ambiental teve efeito

negativo sobre a riqueza de espécies raras de Odonata ($F = 4,775$; $R^2 = 0,160$; $GL = 19$; $p = 0,041$) (Figura 3).

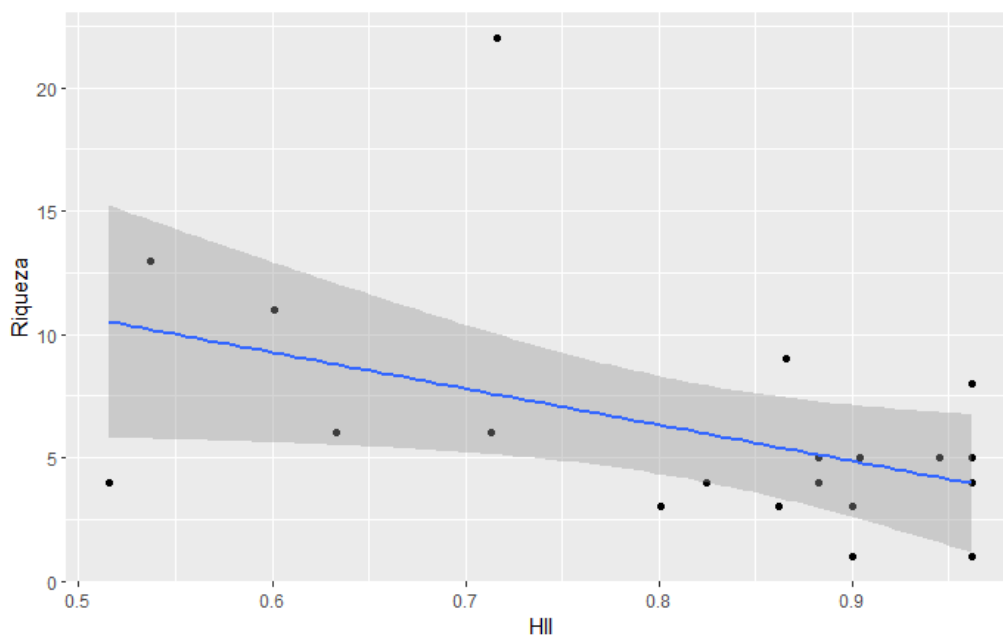


Figura 3. Efeito da integridade de habitat sobre riqueza das espécies raras de Odonata nos igarapés dentro e fora da Floresta Nacional de Carajás, nos municípios de Parauapebas e Marabá, Pará.

Quando analisado o efeito do índice de integridade (IIH) sobre a abundância e riqueza de espécies generalistas de habitat, não houve efeito do IIH sobre a abundância ($F = 2,235$; $R^2 = 0,058$; $GL = 19$; $p = 0,151$) e nem sobre a riqueza ($F = 0,791$; $R^2 = -0,010$; $GL = 19$; $p = 0,384$). Para as espécies especialistas também não houve efeito do IIH sobre a abundância ($F = 4,274$; $R^2 = 0,140$; $GL = 19$; $R^2 = 0,140$; $p = 0,052$) e nem sobre a riqueza ($F = 0,095$; $R^2 = -0,047$; $GL = 19$; $p = 0,761$) de espécies de Odonata.

4. DISCUSSÃO

Nossa hipótese de que um maior número de espécies especialistas seria da subordem Zygoptera, nos igarapés situados dentro da Flona, foi corroborada. No entanto, a nossa hipótese de que ocorreria um maior número de espécies generalistas da subordem Anisoptera em igarapés alterados não foi corroborada. Espécies da subordem Zygoptera normalmente apresentam maior ocorrência em áreas com uma melhor integridade ambiental, devido seu comportamento ecofisiológico. Enquanto que a ocorrência de espécies da subordem Anisoptera normalmente tende a diminuir em áreas com menor

entrada de luz solar, e maior índice de integridade (Oliveira-Junior et al., 2017).

Os igarapés de fora apresentaram valores de IHH acima de 0,5, o que demonstra que esses ambientes apresentam uma integridade de habitat considerada boa. Sendo ainda importante ressaltar que, em nosso estudo, a maioria dos igarapés estudados estão localizados dentro da área de conservação ambiental, enquanto os demais estão localizados em áreas de pastagem com utilização agropecuária da FLONA. Nesse estudo podemos identificar espécies da subordem Zygoptera que apresentaram comportamento de especialista de ambientes alterados e preservados, e ainda generalista de habitat. Devido à baixa frequência de espécies da subordem Anisoptera, nenhuma de suas espécies foram classificadas como especialistas ou generalistas. Diante disso, apenas espécies da subordem Zygoptera foram classificadas como generalistas e especialistas de áreas dentro e fora.

A unidade de conservação pode servir como uma fonte de espécies que se desenvolvem nos igarapés mais preservados e posteriormente migram para igarapés que estão fora da unidade e, dessa forma, áreas com influência humana podem apresentar espécies que normalmente se encontram em locais mais íntegros, desde que sejam próximas (Salviano et al., 2021). Alguns igarapés externos apresentaram níveis de integridade e cobertura florestal próximos aos dos igarapés de dentro, indicando condições com as quais as espécies de Anisoptera não conseguem lidar, favorecendo a presença de espécies de Zygoptera (Brito et al., 2023). Isso decorre devido alguns igarapés da área fora apresentarem alta porcentagem de mata ciliar e integridade de habitat variando de ($> 0,52$ a $< 0,96$), indicando que ainda apresentam algumas condições adequadas, principalmente para espécies de Zygoptera, o que pode explicar a presença dessa subordem nas duas áreas estudadas (Brito et al., 2023).

Esses resultados também são consistentes com a hipótese ecofisiológica que propõe que espécies que são ectotérmicas estão mais presentes em igarapés com maior entrada de luz solar, devido a necessidade de exposição solar para o aquecimento da sua hemolinfa (May, 1976). A relação positiva e o aumento de Anisoptera em ambientes com menor integridade é explicado pela forte preferência desses indivíduos por áreas com baixa cobertura de dossel e maior incidência de calor (Calvão et al., 2018). Geralmente, são indivíduos mais robustos, heliotérmicos, e alguns podem gerar e armazenar calor interno para manter a temperatura corporal (Katly et al., 2024).

Espécies de Zygoptera, dos gêneros *Epipleoneura*, *Neoneura* são

comumente encontradas em áreas com alta integridade (Ferreira-Peruquetti; Fonseca-Gessner, 2003; Veras et al., 2022). No entanto, no presente estudo essas espécies foram encontradas em áreas fora da unidade de conservação. Em outro estudo também realizado na Amazônia os autores obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo (Brito et al., 2023). Já para o estudo de (Brito et al., 2021; Carvalho et al., 2018), também foi indicado que alterações intermediárias do ambiente podem manter presente espécies de ambos os gêneros. O gênero *Argia* que também foi classificado como especialista de ambientes fora, é um gênero que apresenta espécies que são tanto encontradas em ambientes mais íntegros como em áreas mais alteradas (Veras et al., 2024).

Uma maior riqueza de Zygoptera em ambientes alterados já foi vista em trabalhos como (Oliveira-Junior et al., 2015), onde eles obtiveram uma maior riqueza de Zygoptera em ambientes alterados em relação ao ambiente degradado e preservado. O que corrobora com a hipótese inicialmente proposta por (Joseph H. Connell, 1997) da perturbação intermediária de habitat. Outros trabalhos anteriores também relatam uma maior riqueza de espécies em ambientes com níveis moderados de alteração para outros grupos de organismos incluindo répteis, borboletas e biota aquática (Blair; E. Launer, 1997; Germaine; Wakeling, 2001; Terra et al., 2013). Em áreas de igarapés, alterações ambientais intermediárias podem elevar o número de espécies nativas ou tolerantes a perturbações (May, 1991). E ainda, como visto anteriormente alguns igarapés fora da área de conservação apresentaram algum grau de integridade de habitat.

Os gêneros *Chalcopteryx* e *Mnesarete* (Zygoptera) foram classificados como especialistas de igarapés preservados (dentro) o que corrobora com trabalhos anteriores, onde espécies desses gêneros foram encontradas em ambientes preservados (Brito et al., 2023; Oliveira-Junior et al., 2015; Juen et al., 2023). A alta abundância desses gêneros em igarapés dentro da unidade de conservação atesta a boa integridade e preservação desse local. Esses gêneros comumente apresentam espécies que estão estreitamente relacionadas a áreas com maior cobertura do dossel, maior presença de vegetação ciliar (fornecendo detritos, folhas, galhos, raízes e troncos), e ainda ambientes com pouca estrada de luz solar e temperatura do ar estável (Brito et al., 2023).

As espécies de comportamento generalista normalmente são encontradas em ambientes com alta entrada de luz solar, mas algumas espécies também podem ser encontradas em ambientes alterados ocorrendo em uma ampla faixa de integridade e cobertura de dossel, estando presentes ao longo do gradiente ambiental. Por exemplo, em

nosso estudo os gêneros de *Zygoptera Argia* e *Heteragrion* foram classificadas como espécies de comportamento generalista, podendo serem encontrados em ambientes com modificações intermediárias. No estudo de (Veras et al., 2024) *Argia* foi um gênero que apareceu como generalista de habitat; Já o gênero *Heteragrion* foi classificado como uma espécie de comportamento especialista em ambientes preservados (Oliveira-Junior et al., 2015), corroborando com a ideia de que em igarapés com alterações leve essas espécies podem estarem presentes, como é o caso dos nossos igarapés de fora da área de conservação que apresentam um IHH com variação entre ($> 0,52$ a $< 0,96$), o que demonstra ser um ambiente com um índice de integridade mediano.

Em nossos resultados obtivemos que a variável integridade ambiental (HII) teve efeito negativo sobre a abundância de Odonata classificadas como raras. Ambientes que estão em mudanças contínuas permitem a entrada de novas espécies, e ambientes estáveis permitem que ocorra a coexistência das espécies que estão lá, mas sem permitir que elas aumentem demasiadamente sua abundância (Brito et al., 2024; Falk et al., 2022; Zhang et al., 2022)

Apesar dos impactos causados na área de estudo pelas atividades antrópicas, nosso estudo apresentou uma diversidade considerável de Odonata. Entretanto, é notável que essa riqueza de espécies raras possa não ser mantida se as mudanças entorno desses igarapés continuarem se intensificando. Com isso, observações da biodiversidade dessa área devem ser contínuas. O cumprimento da legislação ambiental nessa área de conservação deve ser mantido com rigorosidade, para que não ocorra retirada da vegetação ribeirinha. Essa vegetação é o que fornece abrigo para as espécies de Odonata, conforme destacado por (Carvalho et al., 2018; Oliveira-Junior; Juen, 2019).

5. CONCLUSÃO

Nossos resultados mostraram que espécies classificadas como sensíveis tiveram uma maior ocorrência em áreas com menor integridade. Isso indicar que o ambiente apresenta alterações intermediárias, apresentando condições favoráveis de alimentação e reprodução para esses organismos. Além disso, é importante destacar que o comportamento dessas espécies é, em relação a essa área estudada, sendo que em outros, biomas ou até mesmo no mesmo bioma pode ocorrer uma mudança no comportamento dessas espécies, variando de acordo com as características do ambiente. Foi visto novamente que Anisoptera, em sua maioria tem preferência por ambientes mais abertos,

sendo esse comportamento explicado pelos hábitos especializados de oviposição e seu comportamento ecofisiológico.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J. D.; Castillo, M. M. Ecologia de riachos: estrutura e função de águas correntes. 2ª Edição, **Chapman and Hall, Nova York**. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5583-6>, 2007.

ALLAN, J. D. Landscapes and riverscapes: The influence of land use on stream ecosystems. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, n. 2002, p. 257–284, 2004.

ALVES-MARTINS, F. et al. Metacommunity patterns of Amazonian Odonata: The role of environmental gradients and major rivers. **PeerJ**, v. 2019, n. 5, 2019.

AMAZÔNIA, S. et al. Levantamento da flora apícola em Santa Luzia do Paruá, v. 25, n. 1, p. 141–149, 2011.

BATISTA, J. D. et al. Sampling efficiency of a protocol to measure Odonata diversity in tropical streams. **PLoS ONE**, v. 16, n. 3, p. 1–18, 2021.

B. BLAIR, R.; E. LAUNER, A. Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient. **Biological Conservation**, v. 3207, n. 96, p. 113–125, 1997.

BRANT, G. et al. **Análises Ecológicas Em R**. [s.l: s.n.].

BRASIL, L. S. et al. The habitat integrity index and aquatic insect communities in tropical streams: A meta-analysis. **Ecological Indicators**, v. 116, n. May, p. 106495, 2020.

BRITO, J. P.; CARVALHO, F. G.; JUAN, L. Response of the Zygopteran Community (Odonata: Insecta) to Change in Environmental Integrity Driven by Urbanization in Eastern Amazonian Streams. **Ecologies**, v. 2, n. 1, p. 150–163, 2021.

BRITO, J. S. et al. The importance of national parks in maintaining the habitat integrity and diversity of Odonata species in Amazonian streams. **Journal of Insect Conservation**, 2023.

BRITO, J. S. et al. Odonata responses to dispersal and niche processes differ across Amazonian endemism regions. **Insect Conservation and Diversity**, n. April 2023, p. 988–1000, 2024.

CABETTE, H. S. R. et al. Distribuição de Nepomorpha e Gerromorpha (Insecta: Heteroptera) da Bacia do Rio Suiá-Miçú, MT: riqueza relacionadas à qualidade de água

- e de hábitat. In: José Eduardo Santos; Carla Galbiati. (Org.). **Gestão e Educação ambiental Água, Biodiversidade e Cultura**. São Carlos: RIMA, 2010, v. 2, p.
- CALVÃO, L. B. et al. Effects of the loss of forest cover on odonate communities in eastern Amazonia. **Journal of Insect Conservation**, v. 27, n. 2, p. 205–218, 2023.
- CALVÃO, L. B. et al. Correlates of Odonata species composition in Amazonian streams depend on dissimilarity coefficient and oviposition strategy. **Ecological Entomology**, v. 47, n. 6, p. 998–1010, 2022.
- CALVÃO, L. B. et al. Land use modifies Odonata diversity in streams of the Brazilian Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, v. 22, n. 5–6, p. 675–685, 2018.
- CARVALHO-SOARES, A. A. et al. Checklist and New Occurrences of Odonata (Insecta) from Volta Grande do Xingu, Pará, Brazil. **Hydrobiology**, v. 1, n. 2, p. 183–195, 2022.
- CARVALHO, F. G. et al. Oil palm plantation is not a suitable environment for most forest specialist species of Odonata in Amazonia. **Animal Conservation**, v. 21, n. 6, p. 526–533, 2018.
- CARVALHO, F. G. et al. Detecting Darwinian Shortfalls in the Amazonian Odonata. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 3, p. 404–412, 2022.
- CHAZDON, R. L. et al. A novel statistical method for classifying habitat generalists and specialists. **Ecology**, v. 92, n. 6, p. 1332–1343, 2011.
- CORBET, P.S.; Dragonflies: Behaviour and Ecology of Odonata. **Harley Books**, p. 829, 1999.
- CORBET, P. S.; MAY, M. L. Fliers and perchers among Odonata: Dichotomy or multidimensional continuum? A provisional reappraisal. **International Journal of Odonatology**, v. 11, n. 2, p. 155–171, 2008.
- CRISFIELD, V. E. et al. How and why species are rare: towards an understanding of the ecological causes of rarity. **Ecography**, v. 2024, n. 2, p. 1–17, 2024.
- DATTO-LIBERATO, F. H. et al. Total environment sentinels: Dragonflies as ambivalent/amphibiotic bioindicators of damage to soil and freshwater. **Science of the Total Environment**, v. 934, n. April, p. 173110, 2024.
- FALK, D. A. et al. Mechanisms of forest resilience. **Forest Ecology and Management**, v. 512, n. March, p. 120129, 2022.
- FERREIRA-PERUQUETTI, P. S.; FONSECA-GESSNER, A. A. Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais de Cerrado e monocultura no nordeste do Estado de

São Paulo, Brasil: relação entre o uso do solo e a riqueza faunística. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 2, p. 219–224, 2003.

FRENCH, S. K.; MCCAULEY, S. J. Canopy cover affects habitat selection by adult dragonflies. **Hydrobiologia**, v. 818, n. 1, p. 129–143, 2018.

GAD, M. et al. Distinct mechanisms underlying the assembly of microeukaryotic generalists and specialists in an anthropogenically impacted river. **Science of the Total Environment**, v. 748, p. 141434, 2020.

GARCIA, M. D. N. et al. New records of dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) from Amapá State, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 1, p. 1–7, 2020.

GERMAINE, S. S.; WAKELING, B. F. Lizard species distributions and habitat occupation along an urban gradient in Tucson, Arizona, USA. **Biological Conservation**, v. 97, n. 2, p. 229–237, 2001.

JOSEPH H. CONNELL. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. **Science**, v. 199, n. 4335, p. 1302–1310, 1977.

JUEN, L. et al. Composição e riqueza de odonata (Insecta) em riachos com diferentes níveis de conservação em um ecótono cerrado-floresta amazônica. **Acta Amazonica**, v. 44, n. 2, p. 223–233, 2014.

JUEN, L. et al. The First Mitochondrial Genome of an Odonata Endemic to South America, *Chalcopteryx rutilans* (Rambur, 1842) (Odonata: Polythoridae), and Its Implications for the Phylogeny of the Zygoptera. **Diversity**, v. 15, n. 8, 2023.

KALKMAN, V. J. et al. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 351–363, 2008.

KATLY, A. et al. Zygoptera / Anisoptera (Insecta : Odonata) ratio as a tool to assess anthropogenic changes in Brazilian Cerrado streams. **Environmental Monitoring and Assessment**, p. 1–14, 2024.

LUKE, S. H. et al. The impacts of habitat disturbance on adult and larval dragonflies (Odonata) in rainforest streams in Sabah, Malaysian Borneo. **Freshwater Biology**, v. 62, n. 3, p. 491–506, 2017.

LENNON, J. J. et al. Contribution of rarity and commonness to patterns of species richness. **Ecology Letters**, v. 7, n. 2, p. 81–87, 2004.

MAY, M. L. Thermoregulation and Adaptation to Temperature in Dragonflies (Odonata : Anisoptera) Author (s): Michael L . May Published by : Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1942392> . AND ADAPTATION. **Ecological**

- Monographs**, v. 46, n. 1, p. 1–32, 1976.
- MAY, M. L. Zoology, Jersey Agricultural Experiment Station,. p. 71–88, 1991.
- MIGUEL, T. B. et al. Odonata (Insecta) as a tool for the biomonitoring of environmental quality. **Ecological Indicators**, v. 81, n. March, p. 555–566, 2017a.
- MIGUEL, T. B. et al. A scientometric study of the order Odonata with special attention to Brazil. **International Journal of Odonatology**, v. 20, n. 1, p. 27–42, 2017b.
- MONTEIRO-JÚNIOR, C. S.; JUEN, L.; HAMADA, N. Effects of urbanization on stream habitats and associated adult dragonfly and damselfly communities in central Brazilian Amazonia. **Landscape and Urban Planning**, v. 127, n. 1, p. 28–40, 2014.
- NEACHELL, E. Book Review - Environmental flows: Saving rivers in the third millennium. **River Research and Applications**, v. 30, n. January, p. 132–133, 2014.
- NESSIMIAN, J. L. et al. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. **Hydrobiologia**, v. 614, n. 1, p. 117–131, 2008.
- OKSANEN, A. J. et al. Community Ecology Package. ... **Ecology Package ...**, n. January, p. 263, 2012.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. The Zygoptera/Anisoptera Ratio (Insecta: Odonata): a New Tool for Habitat Alterations Assessment in Amazonian Streams. **Neotropical Entomology**, v. 48, n. 4, p. 552–560, 2019.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B.; TEODÓSIO, M. A.; JUEN, L. Patterns of co-occurrence and body size in dragonflies and damselflies (Insecta: Odonata) in preserved and altered Amazonian streams. **Austral Entomology**, v. 60, n. 2, p. 436–450, 2021.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. et al. Neotropical dragonflies (Insecta: Odonata) as indicators of ecological condition of small streams in the eastern Amazon. **Austral Ecology**, v. 40, n. 6, p. 733–744, 2015.
- OLIVEIRA-JUNIOR, J. M. B. DE et al. Effects of human disturbance and riparian conditions on Odonata (Insecta) assemblages in eastern Amazon basin streams. **Limnologica**, v. 66, n. 1, p. 31–39, 2017.
- ORR, A. G. Odonata in Bornean tropical rain forest formations : diversity , endemism and implications for conservation management Odonata in Bornean tropical rain forest formations : **Forest and Dragonflies**, p. 51–78, 2006.
- PEREIRA, D. F. G.; DE OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; JUEN, L. Environmental changes promote larger species of Odonata (Insecta) in Amazonian streams. **Ecological Indicators**, v. 98, n. October 2018, p. 179–192, 2019.

- PEREIRA-MOURA, L. et al. Habitat specificity and morphology-main filters for the distribution of Odonata in the Cerrado Maranhense, Brazil. **Aquatic Ecology**, v. 57, n. 2, p. 443–458, 2023.
- PEEL, M. C. B. L. F. T. A. M. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. **Permafrost and Periglacial Processes**, v. 13, n. 3, p. 243–249, 2007.
- PRATCHETT, M. S. et al. Specialization in habitat use by coral reef damselfishes and their susceptibility to habitat loss. **Ecology and Evolution**, v. 2, n. 9, p. 2168–2180, 2012.
- RENNER, S. et al. The balance of common vs. rare: a study of dragonfly (Insecta: Odonata) assemblages in the Brazilian Pampa biome. **Neotropical Biodiversity**, v. 8, n. 1, p. 188–199, 2022.
- RODRIGUES, M. E. et al. Egg-laying traits reflect shifts in dragonfly assemblages in response to different amount of tropical forest cover. **Insect Conservation and Diversity**, v. 12, n. 3, p. 231–240, 2019.
- SALVIANO, I. R.; GARDON, F. R.; DOS SANTOS, R. F. Ecological corridors and landscape planning: a model to select priority areas for connectivity maintenance. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 11, p. 3311–3328, 2021.
- SEIDU, I. et al. Patterns of Odonata Assemblages in Lotic and Lentic Systems in the Ankasa Conservation Area, Ghana. **International Journal of Zoology**, v. 2019, 2019.
- SILVA, D. A. et al. Copper in tumors and the use of copper-based compounds in cancer treatment. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 226, n. July 2021, p. 111634, 2022.
- SGANZERLA, C. et al. Effects of urbanization on the fauna of odonata on the coast of southern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 21, n. 1, p. 1–10, 2021.
- ŠIGUTOVÁ, H.; ŠIPOŠ, J.; DOLNÝ, A. A novel approach involving the use of Odonata as indicators of tropical forest degradation: When family matters. **Ecological Indicators**, v. 104, n. April, p. 229–236, 2019.
- SRISWASDI, S.; YANG, C. C.; IWASAKI, W. Generalist species drive microbial dispersion and evolution. **Nature Communications**, v. 8, n. 1, 2017.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Eos, Transactions American Geophysical Union**, v. 38, n. 6, p. 913–920, 1957.
- SUÁREZ-TOVAR, C. M. et al. Resilient dragons: Exploring Odonata communities in an urbanization gradient. **Ecological Indicators**, v. 141, n. July, 2022.
- VERAS, D. S. et al. Environmental thresholds of dragonflies and damselflies from a Cerrado-Caatinga ecotone. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 9,

2022.

VERAS, D. S. et al. Heterogeneity in altered streams does not increase the richness of stream specialist species of Odonata in the Maranhense Cerrado. **Journal of Insect Conservation**, v. 28, n. 4, p. 665–674, 2024.