



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS**



**Monitoramento populacional de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata:
Coenagrionidae) em áreas de Mata Atlântica**

**Ilhéus, Bahia
2024**

SAULO ANDRADE ARAÚJO

**Monitoramento populacional de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata:
Coenagrionidae) em áreas de Mata Atlântica**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais da Universidade Estadual de Santa Cruz como requisito para obtenção do título de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Área de Concentração: Ecologia

Orientador: Prof. Dr. Marciel Elio Rodrigues

**Ilhéus, Bahia
2024**

A663

Araújo, Saulo Andrade.

Monitoramento populacional de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae) em áreas de Mata Atlântica / Saulo Andrade Araújo. – Ilhéus, BA: UESC, 2024.

53 f. : il.

Orientador: Marciel Elio Rodrigues.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Inclui referências.

1. Libélula – Comportamento. 2. Insetos – Populações. 3. Monitorização ambiental. 4. Variação sazonal. I. Título.

CDD 595.733

RESUMO

As libélulas são pertencentes à ordem Odonata, a qual possui mais de 7.000 espécies descritas em todo o mundo. As larvas são encontradas em uma diversidade de ambientes aquáticos, desde vastos lagos, rios e corredeiras até pequenas poças d'água temporárias ou água que se acumula em plantas ou ocos de árvores (fitotelmatas). No entanto, ainda são poucos os estudos dedicados ao monitoramento da dinâmica populacional de libélulas, principalmente na região neotropical. Esse cenário é reforçado quando se trata de espécies que possuem baixa distribuição geográfica ou são endêmicas, como é o caso da espécie *Fredyagrion díspar* Selys, 1876. Essa espécie possui registro apenas para região do bioma Mata Atlântica e utiliza as bromélias como locais de oviposição e desenvolvimento das larvas. Nesse sentido, essa pesquisa se desenvolveu com objetivos de avaliar a dinâmica populacional de *F. díspar*. O trabalho está dividido em dois capítulos, onde no capítulo 1 apresentamos os resultados do monitoramento de duas populações de *F. díspar* em duas regiões da Mata Atlântica ao longo de 36 meses. No capítulo 2, apresentamos os resultados da relação entre a abundância de *F. díspar* e as estações do ano, avaliando a influência sazonal sobre essa espécie. Nossos resultados trazem contribuições significativas relacionadas a estruturação dessas populações ao longo do tempo. E evidencia questões biológicas, ecológicas e comportamentais importantes para o conhecimento da espécie e para o grupo das Odonata. Contribuindo no entendimento de como os impactos antrópicos como por exemplo o aquecimento global e as mudanças nos regimes hidrológicos podem afetar grupos de espécies associadas a ambientes fitotelmatas.

Palavras-chave: Monitoramento de Espécies, Fitotelmata, Bromélias, libélulas.

ABSTRACT

Dragonflies belong to the order Odonata, which has more than 7,000 species described worldwide. The larvae are found in a diversity of aquatic environments, from vast lakes, rivers and rapids to small temporary pools of water or water that accumulates in plants or tree hollows (*phytotelmata*). However, there are still few studies dedicated to monitoring dragonfly population dynamics, especially in the Neotropics. This scenario is reinforced when it comes to species that have a low geographical distribution or are endemic, as is the case with *Fredyagrion dispar* Selys, 1876. This species has only been recorded in the Atlantic Forest biome and uses bromeliads as sites for oviposition and larval development. With this in mind, this research aimed to assess the population dynamics of *F. dispar*. The work is divided into two chapters, where in chapter 1 we present the results of monitoring two populations of *F. dispar* in two regions of the Atlantic Forest over 36 months. In chapter 2, we present the results of the relationship between the abundance of *F. dispar* and the seasons, assessing the seasonal influence on this species. Our results make significant contributions to the structuring of these populations over time. And evidence of biological, ecological and behavioral issues that are important for knowledge of the species and the Odonata group. Contributing to our understanding of how anthropogenic impacts such as global warming and changes in hydrological regimes can affect groups of species associated with phytotelm environments.

Keywords: Species monitoring, Phytotelmata, Bromeliads, dragonflies.

Lista de Figuras e Tabelas

Capítulo 1

Figura 1: Mapa evidenciando os municípios de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada / Área 2) e Uruçuca (Fazenda Juerana Milagrosa / Área 1), onde foram realizadas as campanhas de monitoramento.....	15
Figura 2: Mapa de localização da Área de Estudo 1, no município de Uruçuca (APA Itacaré/Serra Grande, Fazenda Juerana Milagrosa), com imagem de uma parte da fazenda onde foram realizadas as coletas.....	16
Figura 3: Mapa de localização da Área de Estudo 2, no município de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada) e imagem aérea de uma parte do local onde foram realizadas as coletas.....	16
Figura 4: Fotos das bromélias da Área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa - Uruçuca, Ba); (Imagens: O autor)	17
Figura 5: Fotos das bromélias da Área 2 – APA Lagoa Encantada – Ilhéus/BA; (Imagens: O autor)	17
Figura 6: A) Coleta Ativa utilizando rede entomológica. B) Espécime de <i>F. dispar</i> ♂ com a asa marcada com caneta nanquim. C) Espécime de <i>F. dispar</i> . (Imagens: O autor)	18
Figura 7: A/B/C) Exúvias de <i>F. dispar</i> fixadas em folhas de bromélia. (Imagens: O autor)	19
Figura 8: A) Triagem do material sugado dos tanques das bromélias. B-C) Método de amostragem das imaturos utilizando sugador. (Imagens: O autor)	20
Figura 9: A) Procedimento de medição das larguras das cabeças utilizando estereomicroscópio óptico. B) Larvas de <i>F. dispar</i> em diferentes instares de desenvolvimento.....	21
Figura 10: Gráfico de abundância de exúvias de <i>F. dispar</i> , durante os meses de monitoramento em ambas as áreas amostradas. Barras em azul são referentes a área 1 e as laranjas referentes a área 2.....	22
Figura 11: Gráficos do número de machos e fêmeas encontrados, durante os meses de monitoramento na Fazenda Juerana Milagrosa (Área 1)	23
Figura 12: Gráficos do número de machos e fêmeas encontrados, durante os meses de monitoramento na APA Lagoa Encantada (Área 2)	23
Figura 10: A) Fêmea de <i>F. dispar</i> pousada em folha de bromélia. (Imagem: O autor)	24
Figura 14: Gráfico de abundância de exúvias de <i>F. dispar</i> , durante os meses de monitoramento na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa e na área 2 – APA Lagoa Encantada.....	25
Figura 15: Gráfico de abundância dos adultos e das exúvias de <i>F. dispar</i> , ao longo das campanhas de amostragem na área 1.....	25
Figura 16: Gráfico de abundância dos adultos e das exúvias de <i>F. dispar</i> , ao longo das campanhas de amostragem na área 2.....	26
Figura 17: Gráficos de correlação entre abundância de adultos e exúvias com correção de tempo (120min para adultos e 45min para exúvias) na área 1 - Fazenda Juerana Milagrosa.....	26
Figura 18: Gráficos de correlação entre abundância de adultos e exúvias com correção de tempo (120min para adultos e 45min para exúvias) na área 2 – APA Lagoa Encantada.....	27
Figura 19: Gráfico da variação da largura das cabeças das larvas de <i>F. dispar</i> durante os meses de coleta, na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa.....	28
Figura 20: Gráfico da média da largura das cabeças das larvas de <i>F. dispar</i> ao longo das coletas, na área 1.....	29

Tabela 11: Ínstares encontrados para *F. dispar* de acordo com a metodologia proposta por Dyar (1890), com variação de 0,3mm de largura da cabeça entre ínstares.....27

Capítulo 2

Figura 1: Mapa evidenciando os municípios de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada / Área 2) e Uruçuca (APA Itacaré/Serra Grande - Fazenda Juerana Milagrosa / Área 1), onde foram realizadas as campanhas de monitoramento.....41

Figura 2: A-B) Imagens da área onde foram realizadas as coletas da área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa. (Imagens: O autor)42

Figura 3: A-B) Imagens da área onde foram realizadas as coletas da área 2 – APA Lagoa Encantada. (Imagens: O autor)43

Figura 4: A) Coleta ativa dos adultos. B) Espécime de *F. díspar*. C) Exúvia de *F. díspar*. (Imagens: O autor)44

Figura 5: Gráfico da distribuição da abundância total dos adultos de *F. díspar* entre as estações do ano, na área 1 e na área 2.....45

Figura 6: Gráfico da distribuição da abundância total das exúvias de *F. díspar* entre as estações do ano, na área 1 e na área 2.....47

Figura 7: Histogramas circulares de abundância de adultos e exúvias de *F. díspar* durante três anos de monitoramento na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa. Ao redor são os meses do ano, as barras dentro dos círculos indicam a abundância, a posição da seta indica o período de maior média de abundância e o comprimento da seta indica o valor médio de abundância.48

Figura 8 : Histogramas circulares de abundância de adultos e exúvias de *F. díspar* durante três anos de monitoramento na área 2 – Lagoa Encantada.....49

Tabela 1: Resultado do teste de Dunn, com os adultos para a área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e primavera/verão.....46

Tabela 2: Resultado do teste de Dunn, com os adultos para a área 2 (APA Lagoa Encantada), evidenciando a maior diferença entre os períodos de Outono/Inverno e a primavera.....46

Tabela 3: Resultado do teste de Dunn, com as exúvias para a área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e verão.....47

Tabela 4: Resultado do teste de Dunn, com as exúvias para a área 2 (APA Lagoa Encantada), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e primavera.....48

Tabela 5: Resultado da análise estatística circular da abundância de adultos e exúvias de *F. díspar* na área 1. Número de observações no ano (N), vetor médio (μ), desvio padrão do vetor médio (μ SD), média do comprimento do vetor (r), teste de Rayleigh (Z e p).....49

Tabela 6: Resultado da análise estatística circular da abundância de adultos e exúvias de *F. díspar* na área 2. Número de observações no ano (N), vetor médio (μ), desvio padrão do vetor médio (μ SD), média do comprimento do vetor (r), teste de Rayleigh (Z e p).....50

Sumário

Introdução Geral.....	8
Referências.....	10
Capítulo 1.....	11
Estrutura populacional de <i>Fredyagrion dispar</i> Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae): situação de uma espécie ameaçada e endêmica da Mata Atlântica.....	11
Resumo.....	12
Introdução.....	13
Materiais e métodos.....	15
Áreas de estudo.....	15
Área de Estudo 1.....	15
Campanhas de Monitoramento.....	17
Amostragem dos Adultos.....	18
Amostragem das Exúvias.....	18
Amostragem dos Imaturos.....	19
Análise dos dados.....	21
Resultados.....	22
Ocorrência dos adultos ao longo dos meses amostrados.....	22
Proporção entre machos e fêmeas encontrados nos sítios de reprodução em cada área monitorada.....	23
Ocorrência das exúvias ao longo dos meses amostrados.....	24
Relação adultos e exúvias em cada uma das áreas.....	25
Relação entre os ínstares de desenvolvimento dos imaturos e os meses de amostragem.....	27
Discussão.....	29
Referências bibliográficas.....	33
Capítulo 2.....	37
Efeito da sazonalidade sobre populações de <i>Fredyagrion dispar</i> (Odonata: Coenagrionidae) na Mata Atlântica.....	37
Resumo.....	38
Materiais e métodos.....	40
Áreas de estudo.....	40
Área de Estudo 1.....	41
Área de Estudo 2.....	41
Campanhas de Monitoramento.....	42
Amostragem dos Adultos.....	42
Amostragem das Exúvias.....	43
Análise dos dados.....	43
Resultados.....	44

Introdução Geral

A ordem Odonata, que inclui libélulas e libelinhas, é considerada um dos poucos grupos de insetos com avaliações globais sobre seu status de conservação, com atualizações frequentes nas listas de espécies ameaçadas (CLAUSNITZER et al., 2009; ICMBio 2023). O grupo tem sido amplamente utilizado em estudos para avaliar as modificações antrópicas, visto que são considerados excelentes bioindicadores de alterações ambientais nos ecossistemas terrestres e aquáticos. Isso possibilita ampliar o conhecimento do grupo a respeito dos aspectos morfológicos, taxonômicos e de comportamento, além de auxiliar na compreensão da ecologia desses insetos nos mais diversos tipos de ambientes e sobre os diferentes impactos (HAMADA et al., 2019).

Atualmente a ordem possui aproximadamente 7.000 espécies descritas (HAMADA et al., 2018). É dividida em duas subordens principais, Anisoptera e Zygoptera, e uma terceira Anisozygoptera (restrita à região asiática). Os indivíduos pertencentes a esta ordem são classificados como organismos anfibióticos (do grego “anphi”= duplo, “bios” + “óticos”= relativo a vida), apresentando duas fases de vida, aquática e terrestre (HAMADA et al., 2019). As larvas (forma imatura) são aquáticas e podem ser encontradas em uma ampla variedade de ambientes, que vão desde grandes lagos, rios e corredeiras até pequenas poças d’água temporárias. À medida que se desenvolvem para a fase adulta, os odonatos adquirem asas, transformando-se em insetos terrestres alados. Quando adultos são mais comumente avistados nas proximidades de diversos ambientes aquáticos, onde ocorre seu processo reprodutivo (HAMADA et al., 2019).

Curiosamente, a ordem apresenta um pequeno grupo de espécies que desenvolveram um comportamento reprodutivo associado a ambientes aquáticos temporários, como poças d’água formadas em cavidades de rochas, em estruturas vegetais e até mesmo poças formadas no chão. Entre as mais de sete mil espécies descritas, menos de 1% possuem esse tipo de comportamento reprodutivo, portanto, é considerado um comportamento raro dentro da ordem (KALKMAN; ORR, 2016).

Os ambientes temporários que se formam em estruturas vegetais como: junções foliares, folhas adaptadas, flores, frutos, cavidades no caule, são chamados de fitotelmo. Terminologia criada por Vargas (1928), cuja etimologia significa phyto= planta; telm= lagoa. Sendo assim, as espécies que utilizam a água acumulada em estruturas vegetais

para se reproduzir e desenvolver suas larvas são chamadas de espécies de fitotelmatas.

A maioria dos representantes de fitotelmatas são da subordem Zygoptera, a subordem Anisoptera é representada apenas por duas famílias: Libellulidae e Aeshnidae. No Brasil, a maioria dos odonatos que utilizam ambientes de fitotelmatas são pertencentes à família Coenagrionidae (Zygoptera), sendo os principais gêneros representantes: *Leptagrion* Selys, 1876, *Nathaliagrion* Selys, 1876 gen. nov., *Machadagrion* Selys, 1876 gen. nov., *Kiautagrion* Selys, 1876 gen. nov., *Fredyagrion* Selys, 1876 gen. nov., *Bromeliagrion* De Marmels in DeMarmels & Garrison, 2005, *Diceratobasis* Kennedy, 1920, *Mecistogaster* Rambur, 1842 e *Platystigma* Kennedy, 1920 (LENCIONI, 2006; GARRISON et al., 2010).

Essas espécies são geralmente encontradas em ambientes nativos, como florestas úmidas ou áreas de restingas, com alguns gêneros sendo considerados exclusivamente dependentes do ambiente de fitotelmatas (LENCIONI, 2006; GARRISON et al., 2010). Entre os representantes das espécies brasileiras de fitotelmatas, destacamos o gênero *Fredyagrion* Selys, 1876 gen. nov., com 11 espécies descritas, sendo esse um representante exclusivo de fitotelmata (DE MARCO e FURIERI, 2000; LENCIONI, 2022).

Esse gênero pode ocorrer em áreas abertas de restinga ou em áreas com maior cobertura vegetal (SANTOS et al., 2020; RIBEIRO et al., 2021; LENCIONI, 2022). Devido ao endemismo, o gênero *Fredyagrion* ocupa uma posição preocupante nos indicadores de risco à biodiversidade do Brasil. Este apresenta registro exclusivo em um dos biomas mais ameaçados e fragmentados da América do Sul, a Mata Atlântica. A concentração desse gênero em um ambiente tão vulnerável realça a urgência de ações de conservação direcionadas (ICMBio, 2018).

Nessa perspectiva, esse trabalho está dividido em dois capítulos. No primeiro capítulo, monitoramos duas populações de *F. dispar* em duas áreas ao longo de 36 meses. Evidenciando os seguintes aspectos, ocorrência de adultos ao longo de três anos, a proporção entre machos e fêmeas, a relação entre espécimes adultos e as exúvias encontradas nas áreas e verificação da relação entre os ínstares de desenvolvimento dos imaturos entre os meses de amostragem. No segundo capítulo, nossa análise visou avaliar o impacto sazonal, considerando as diferentes estações do ano, nas duas populações de *F. dispar* ao longo de um período de três anos. Evidenciando a relação da abundância dos adultos e das exúvias em escala temporal. Essa abordagem contribui significativamente para o conhecimento da história natural da espécie, oferecendo

insights valiosos sobre suas dinâmicas populacionais em resposta às variações sazonais.

Referências

CLAUSNITZER, V., Kalkman, V. J., Ram, M., Collen, B., Baillie, J. E. M., Bedjanič, M., ... Wilson, K. (2009). **Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group.** *Biological Conservation*, 142, 1864–1869.

DE MARCO, P., Jr. & FURIERI, K. S. **Ecology of *Leptagrion perlongum* Calvert, 1909: a bromeliad-dweller odonate species.** Boletim do Museu de Zoologia Mello Leitão, 11(12), 135-148, 2000.

GARRISON, R.W.; VON ELLENRIEDER, N.; LOUTON, J.A. **Damselfly genera of the New World: an Illustrated and annotated key to the Zygoptera**. The Johns Hopkins University Press: Baltimore, MD, 2010.

HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; BARBOSA, R. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia. Manaus, 2019.

HAMADA, N., Thorp, J. H., & Rogers, D. C. **Keys to Neotropical Hexapoda. Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates.** Volume III. Academic Press, 2018.

ICMBio. **Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção.** ICMBio/MMA, Brasil: 2018;2023.

KALKMAN, V. J.; ORR, A. G. **A description of the larva and discussion of radiation in 300 the phytotelm breeding damselfly genus *Papuagrion* in New Guinea (Odonata: Zygoptera: 301 Coenagrionidae).** International Journal of Odonatology, v. 19(3), 169-182, 2016.

LENCIONI, F.A.A. **Analysis of male *Leptagrion* Selys, 1876 sensu lato (Odonata: Coenagrionidae) with description of four new genera and a new species.** Zootaxa, v. 5105 (1), 63-104, 2022.

LENCIONI, F.A.A. **Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: II – Coenagrionidae families,** 2006.

RIBEIRO, C.; SANTOS, L. R.; RODRIGUES, M. E. **New records of the Critically Endangered *Leptagrion acutum* Santos, 1961 (Odonata, Coenagrionidae) from southern Bahia, Brazil.** Check List, v.17, 59, 2021.

SANTOS, L. S.; RIBEIRO, C. S.; MARIANO, RODRIGUES, M. E. **Description of the larva of *Leptagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae) with notes on distribution and ecology of the specie.** Zootaxa, 4896(1), 2020.

VARGA, L., **Ein interessanter Biotop der Biocönose von Wasserorganismen.** *Biol zentralblatt*, 48: 143-162, 1928.

Capítulo 1

Estrutura populacional de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae): situação de uma espécie ameaçada e endêmica da Mata Atlântica

Resumo

As pressões ambientais exercem impactos preocupantes na dinâmica e estrutura das espécies. A falta de estudos que monitorem de perto as populações contribui para um cenário crítico de perda de biodiversidade em todo o mundo. Não obstante, os estudos com Odonata também apresentam diversas lacunas de conhecimento, principalmente no Brasil, país onde abriga uma das maiores biodiversidades mundiais e possui elevado registro de endemismo do grupo. A espécie *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 é endêmica da região de Mata Atlântica, ocorrendo apenas na zona costeira entre os estados da Bahia e do Espírito Santo. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho foi monitorar duas populações de *F. dispar* em duas áreas no sul da Bahia, na região da Mata Atlântica, avaliando: i) a ocorrência dos adultos ao longo de três anos; ii) a proporção entre macho e fêmea nesses sítios reprodutivos; iii) correlacionar a presença de adultos e de exúvias para testar se estas podem ser utilizadas como substitutos (*surrogates*) da amostragem de adultos; e iv) verificar se existe relação entre os ínstares de desenvolvimento dos imaturos durante os meses de amostragem. Foram realizadas 36 campanhas de amostragem, entre os meses de fevereiro de 2021 e janeiro de 2024 em duas áreas de sítios de reprodução nos municípios de Ilhéus e Uruçuca, localizados no litoral Sul da Bahia. Foram identificados em campo um total de 1.332 indivíduos, sendo 1.238 indivíduos machos e 94 fêmeas, a razão sexual na área 1, foi de uma fêmea para 11,4 machos (1:11,4), e na Área 2, a razão sexual foi de uma fêmea para 17 machos (1:17). Os períodos mais quentes (primavera/verão) e de maior índice pluviométrico apresentaram maior abundância de adultos. A abundância de adultos foi diminuída nos períodos de inverno. A amostragem das exúvias se correlacionou com a presença dos adultos nos sítios de amostragem, indicando que estas podem ser utilizadas como *surrogate* em monitoramentos populacionais dessa espécie. As larvas não apresentaram uma relação entre o desenvolvimento dos ínstares e épocas específicas do ano, sugerindo que a espécie não possui um período reprodutivo definido. O método de marcação e recaptura possibilitou estimar a longevidade da espécie, sendo superior a 54 dias. Registros sobre a estrutura populacional da espécie são importantes para o conhecimento da história natural, oferecendo *insights* valiosos sobre suas dinâmicas populacionais em resposta às variações sazonais.

Palavras-chave: Comportamento, Estrutura Populacional, Fitotelmata, Libélulas, Zygoptera.

Introdução

A exploração irresponsável dos recursos naturais está acelerando um colapso iminente nos ecossistemas, resultando em consequências devastadoras e irreparáveis a nível global (RISING et al., 2022). Nesse contexto, o monitoramento sistemático das espécies emerge como uma ferramenta indispensável para avaliar as tendências populacionais e identificar mudanças críticas nos ecossistemas. Estudos indicam que a observação contínua de espécies-chave ao longo do tempo é essencial para detectar declínios em estágios iniciais, orientar estratégias de conservação eficazes e promover uma gestão adaptativa diante dos desafios ambientais em constante evolução (CHAPMAN et al., 2024).

A ordem Odonata – onde estão agrupadas as Libélulas e Libelinhas, possui representantes que são considerados espécies-chave para detecção de mudança na qualidade do meio ambiente. Nesse sentido, estudos sugerem que o monitoramento de odonatos possibilita a avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos e terrestres, identificando mudanças nas condições ambientais e detectando potenciais ameaças, como poluição, degradação do habitat e mudanças climáticas. (SUHLING et al., 2006; SIMAIKA; SAMWAYS, 2012; DIJKSTRA et al., 2014)

As libélulas, sendo insetos cosmopolitas, apresentam algumas espécies restritas a locais específicos, classificadas como endêmicas (HAMADA et al., 2019). Essa particularidade as torna cruciais como espécies-chave para o monitoramento ambiental em determinadas regiões (CHAPMAN et al., 2024). A espécie *Fredyagrion dispar* Selys, 1876, possui seus registros de distribuição exclusivamente na região neotropical, entre a costa do estado da Bahia até o Espírito Santo, nos remanescentes fragmentos de Mata Atlântica (SANTOS et al., 2020; RIBEIRO et al., 2021; LENCIONI, 2022).

Os indivíduos da espécie *F. dispar* são classificados como espécies de fitotelmatas, pois utilizam como sítio de reprodução espécies de bromélia-tanque, que acumula água entre suas folhas. Como por exemplo a bromélia da espécie *Aechmea blanchetiana* Baker, endêmica do Brasil. Além disso, *F. dispar* apresenta baixa capacidade de dispersão com comportamento territorialista, passando a maior parte do dia próximo aos sítios de reprodução (DE MARCO e FURIERI, 2000).

A especificidade de habitat desses organismos é um fator crítico para sua sobrevivência, visto que mudanças nas variáveis ambientais, como clima, pluviosidade e perda de habitat, têm o potencial de impactar significativamente a sobrevivência dessas espécies, entretanto, essa mesma especificidade é uma característica essencial

para o monitoramento ambiental do local onde vivem (SRIVASTAVA et al., 2004). A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas do Brasil destaca essa preocupação, classificando duas espécies do gênero *Fredyagrion* gen. nov. como vulneráveis (*Fredyagrion capixabae* Santos, 1965a e *Fredyagrion vriesianum* Santos, 1978), enquanto a espécie em foco neste estudo, *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 gen. nov., é designada como quase ameaçada. (ICMBio, 2018; RIBEIRO et al., 2021).

Dado o contexto de vulnerabilidade da espécie e a iminência de mensurar os impactos ambientais ao longo do tempo, a compreensão da estrutura populacional de *F. dispar* torna-se não apenas essencial, mas também urgente. (FIRMME, 2022; ALTAMIRANDA-SAAVEDRA et al., 2012). Alguns estudos sugerem que a avaliação populacional de odonatos pode ser realizada por meio de uma metodologia não invasiva, como a marcação e recaptura, respeitando a integridade da população (CORDERO-RIVERA; STOCKS, 2008). Essa abordagem envolve a captura de indivíduos adultos, marcação de suas asas, registro em protocolo e liberação no ambiente, possibilitando recapturas em coletas subsequentes.

O método de marcação-recaptura não apenas proporciona a capacidade de quantificar as populações e comunidades em estudo, mas também permite estimar a longevidade dos indivíduos. Embora a data de marcação das asas dos adultos não coincida exatamente com a data de emergência, a recaptura de um espécime marcado viabiliza essa estimativa. (ALTAMIRANDA; ORTEGA, 2012).

Além dos adultos, as exúvias também são empregadas no monitoramento, sendo sugerido como um método confiável e não invasivo para avaliar as populações de odonatos (RAEBEL et al., 2012; ARGUEL et al., 2022). Essas abordagens representam ferramentas valiosas para o monitoramento de populações de libélulas que utilizam bromélias como locais de reprodução, destacando a importância dessas técnicas abrangentes na obtenção de dados precisos sobre a ecologia dessas espécies.

Nessa perspectiva, o presente estudo buscou monitorar a estrutura populacional em dois sítios reprodutivos de *F. dispar* em uma região na Mata Atlântica, no sul da Bahia. Os objetivos específicos foram: i) avaliar a ocorrência dos adultos ao longo de 36 meses; ii) avaliar a proporção entre macho e fêmea nesses sítios reprodutivos; iii) correlacionar a presença de adultos e de exúvias para avaliar se estas podem ser utilizadas como substitutos (*surrogates*) da amostragem de adultos; iv) verificar se existe relação entre os ínstares de desenvolvimento dos imaturos durante os meses de amostragem.

Materiais e métodos

Áreas de estudo

As coletas foram conduzidas em duas áreas classificadas como litorâneas na região sul do estado da Bahia, abrangendo os municípios de Ilhéus e Uruçuca (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen (1936), a região apresenta um clima do tipo Af, caracterizado por temperaturas quentes e elevada umidade, sem um período seco bem definido. A temperatura média registra 23,2°C, variando entre 19,3°C e 29°C, com umidade relativamente elevada e precipitação anual atingindo 2700mm (FIRMME, 2022).

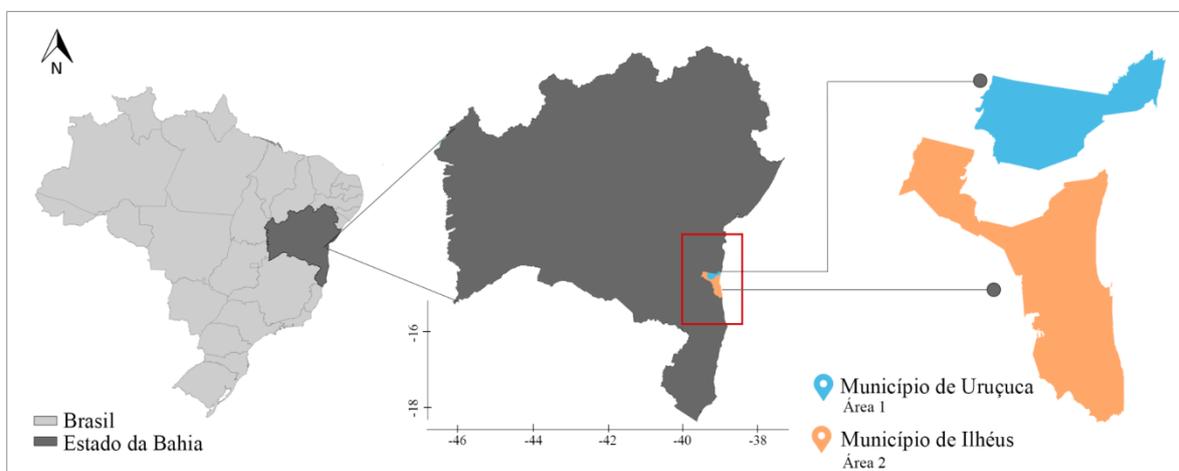


Figura 12: Mapa evidenciando os municípios de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada / Área 2) e Uruçuca (Fazenda Juerana Milagrosa / Área 1), onde foram realizadas as campanhas de monitoramento.

Área de Estudo 1

A área de amostragem designada como área 1 neste estudo (Figura 2), está localizada na Área de Proteção Ambiental Itacaré/Serra Grande, no município de Uruçuca, na Fazenda Juerana Milagrosa (14°26'23.3"S, 39°02'13.4"W). Essa fazenda (Figura 4), situada a 100 m de altitude no distrito Serra Grande, abrange 170 ha e se destaca como produtora de cacau orgânico. Além disso, possui uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de 93,95 ha de Mata Atlântica. Na área de estudo, as bromélias estão concentradas em moitas (ARAÚJO, 2023).

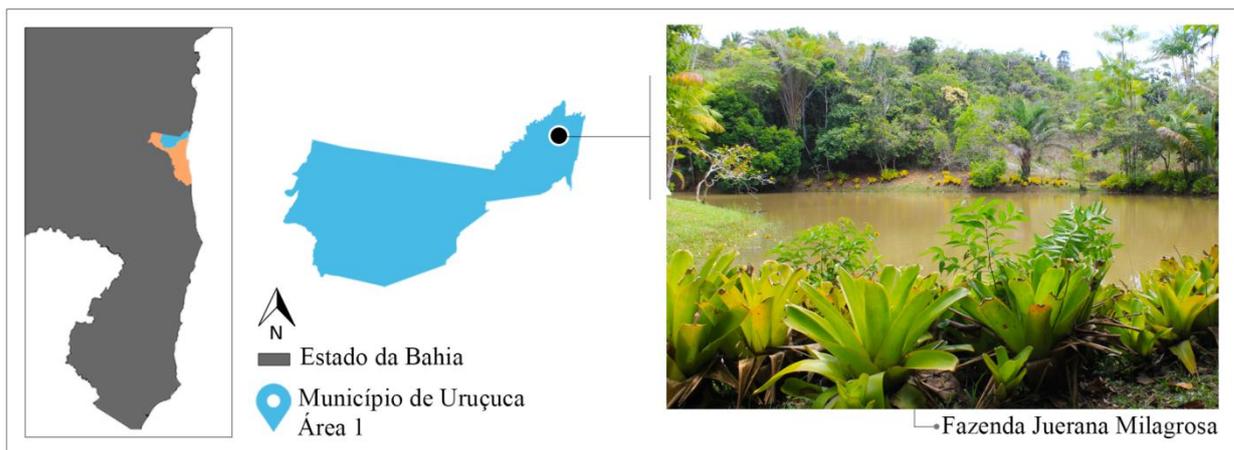


Figura 13: Mapa de localização da Área de Estudo 1, no município de Uruçuca (APA Itacaré/Serra Grande, Fazenda Juerana Milagrosa), com imagem de uma parte da fazenda onde foram realizadas as coletas.

Área de Estudo 2

A área 2 está situada na Área de Proteção Ambiental (APA) Lagoa Encantada e Rio Almada, ao longo da rodovia Ilhéus-Itacaré (Figura 3). Criada em 1993, a APA abrange 11.800 hectares com uma população superior a 23 mil pessoas (ALBUQUERQUE, 2003). O local de coleta (Figura 5), referido como área 2 neste estudo, ocupa uma área de 200 x 150 m, encontrando-se ao nível do mar em uma restinga próxima às áreas urbanas do Joia do Atlântico ($14^{\circ}38'54.5''S$, $39^{\circ}05'24.0''W$). Esta área está próxima à estrada que conduz à Lagoa Encantada e não muito distante de uma área urbanizada, onde há presença de gado para pastoreio.

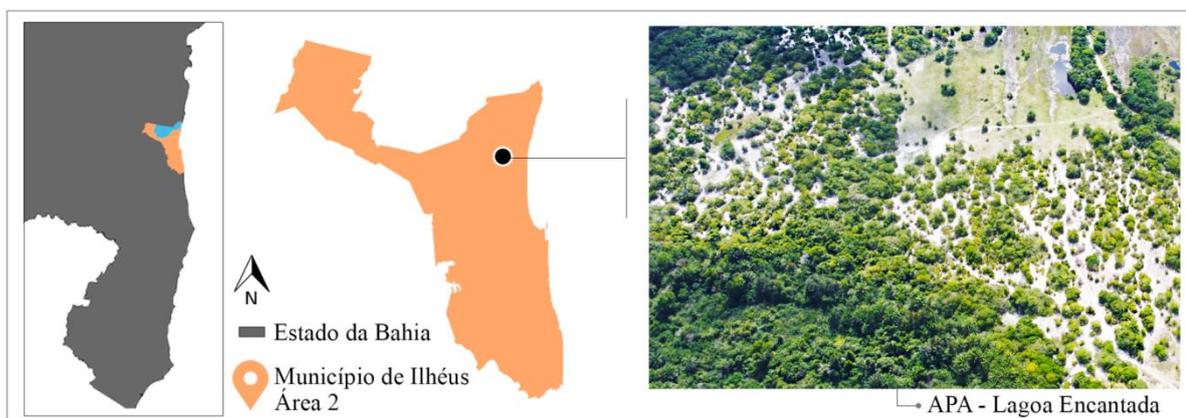


Figura 14: Mapa de localização da Área de Estudo 2, no município de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada) e imagem aérea de uma parte do local onde foram realizadas as coletas.



Figura 15: Fotos das bromélias da Área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa - Uruçuca, Ba); (Imagens: O autor)



Figura 16: Fotos das bromélias da Área 2 – APA Lagoa Encantada – Ilhéus/BA; (Imagens: O autor)

Campanhas de Monitoramento

Foram conduzidas campanhas de amostragem nas áreas 1 e 2, sendo a primeira coleta em fevereiro de 2021 e a última em janeiro de 2024. As buscas foram direcionadas aos locais de reprodução em cada área, ou seja, nas bromélias-tanque onde as fêmeas de *F. dispar* depositam seus ovos. Todas as coletas foram consistentemente realizadas na segunda quinzena de cada mês, compreendendo o período entre os dias 20

e 30 de cada mês.

Amostragem dos Adultos

Os adultos foram capturados por meio de redes entomológicas durante buscas ativas em dias ensolarados, ao longo de um período de duas horas, durante o horário de maior atividade do grupo, entre 9:00 e 16:00. A metodologia de marcação dos adultos seguiu o protocolo proposto por Flórez et al., 2018, adaptado para as áreas de estudo selecionadas. Os espécimes capturados foram identificados com numeração sequencial nas asas, utilizando caneta pigmentada resistente à água (nanquim). Detalhes como sexo, horário da captura, comportamento (cópula, pouso, disputa) e recaptura foram registrados em uma ficha de protocolo de monitoramento (Figura 6). Após a marcação, todas as espécies capturadas foram devolvidas ao ambiente, sem causar nenhum dano físico a população estudada.

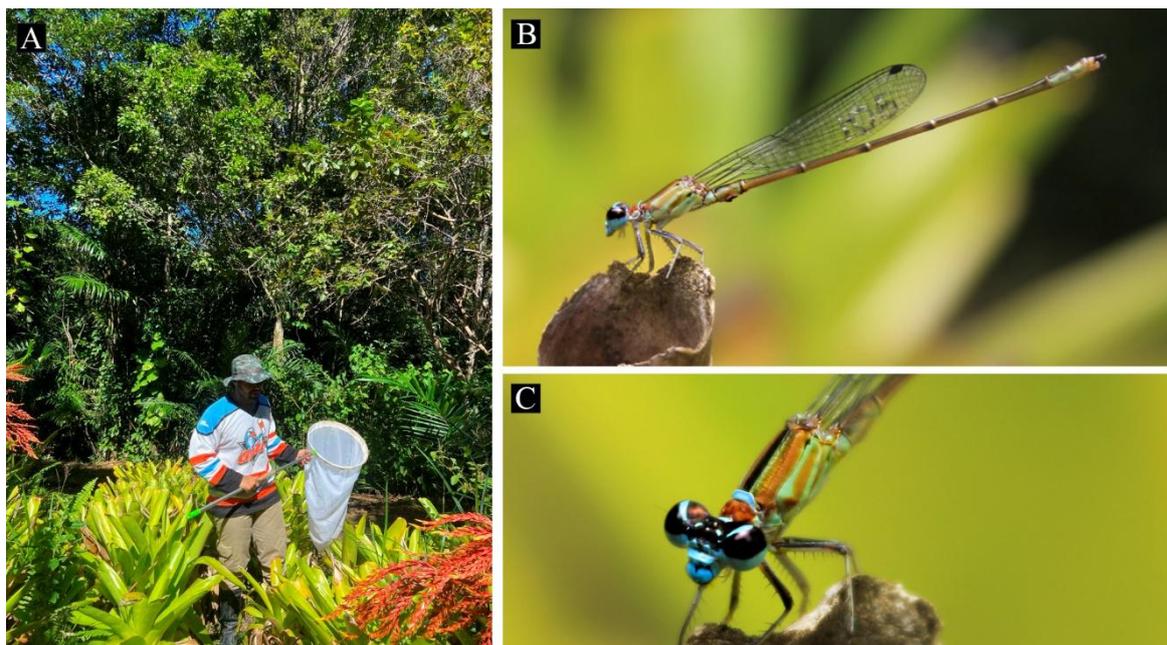


Figura 17: A) Coleta Ativa utilizando rede entomológica. B) Espécime de *F. dispar* ♂ com a asa marcada com caneta nanquim. C) Espécime de *F. dispar*. (Imagens: O autor)

Amostragem das Exúvias

Foram coletadas e contabilizadas todas as exúvias encontradas por um período de 45 minutos. O material foi coletado com auxílio de uma pinça, armazenado em

frasco de vidro, registrado em protocolo de monitoramento e destinado ao Laboratório de Organismos Aquáticos da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) (Figura 7).



Figura 18: A/B/C) Exúvias de *F. dispar* fixadas em folhas de bromélia. (Imagens: O autor)

Amostragem dos Imaturos

Os estágios imaturos foram coletados em todas as campanhas, após a coleta dos adultos. Bromélias que continham água foram escolhidas aleatoriamente, e o conteúdo de seus tanques foi revolvido para garantir que nenhuma larva ficasse aderida às folhas, sendo posteriormente aspiradas com um sugador adaptado (Figura 8). O material coletado foi transferido para bandejas brancas e triado no local. As larvas identificadas foram coletadas e preservadas em frascos contendo álcool 80% e encaminhadas ao Laboratório de Organismos Aquáticos da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). Esse procedimento foi repetido até alcançar um total de 15 indivíduos imaturos de *F. dispar*, sempre assegurando que apenas um indivíduo do mesmo ínstar fosse retirado de cada planta avaliada.



Figura 19: A) Triagem do material sugado dos tanques das bromélias. B-C) Método de amostragem das imaturos utilizando sugador. (Imagens: O autor)

Os estágios de desenvolvimento dos imaturos foram determinados segundo a metodologia de Dyar (1890), utilizando um método padronizado amplamente empregado na identificação de estágios de desenvolvimento em odonatos (LAMELAS-LÓPEZ et al., 2016). O método utilizado foi o de frequência da largura da cabeça para a determinação do estágio larval, com a criação de um histograma que abrange classes de largura de cabeça, neste trabalho, consideramos variações de classes com 0,3mm, conforme proposto. A medição da largura da cabeça dos imaturos foi realizada utilizando um estereomicroscópio óptico modelo LEICA S9i (Figura 9), e os dados foram tabulados conforme os valores associados a cada estágio.

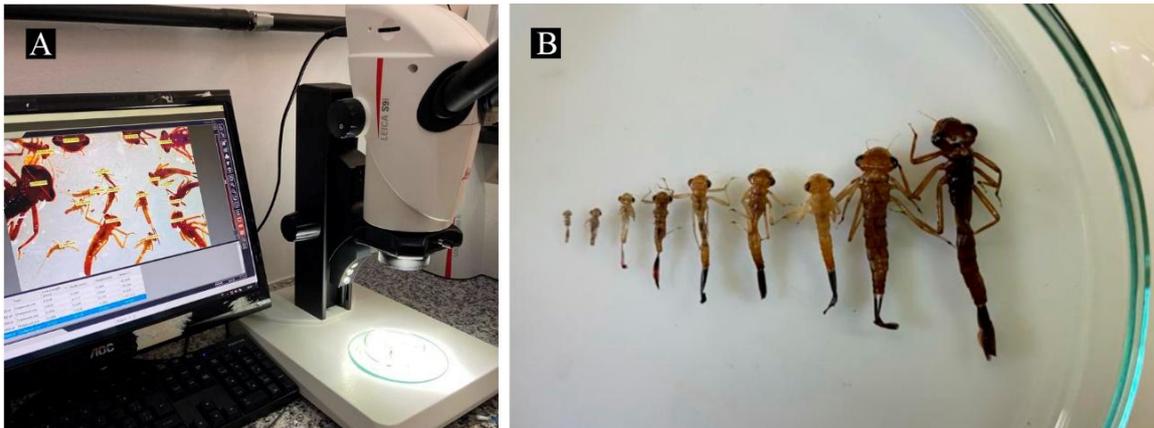


Figura 20: A) Procedimento de medição das larguras das cabeças utilizando estereomicroscópio óptico. B) Larvas de *F. dispar* em diferentes instares de desenvolvimento.

Análise dos dados

Para analisar a ocorrência dos adultos durante e entre os meses amostrados, em ambas as áreas de estudo, foram feitos gráficos com a distribuição da ocorrência ao longo dos meses. Para avaliar a razão entre machos e fêmeas, foi relacionado o número total de machos dividido pelo número total de fêmeas ao longo de todo o monitoramento para cada uma das áreas.

Para avaliar se as exúvias poderiam ser utilizadas como *surrogate* da amostragem dos adultos no monitoramento populacional, foi feita uma correção do tempo de amostragem de cada um deles. Ou seja, o número de adultos amostrados foi dividido por 120 minutos, e o número de exúvias foi dividido por 45 minutos. Para testar a relação entre os dados dos adultos e das exúvias coletadas ao longo dos meses de amostragem, foi feita uma análise de correlação Pearson's e posteriormente testado a significância dessa correlação para cada uma das áreas monitoradas.

Para testar se havia uma relação entre os meses amostrados e a largura da cabeça (que representa os instares), foi feita uma análise de variância (ANOVA) com todos os pressupostos requeridos. As análises estatísticas foram realizadas no programa R Studio.

Resultados

Ocorrência dos adultos ao longo dos meses amostrados

Foram capturados e marcados um total de 1.397 indivíduos da espécie *Fredyagrion dispar* Selys, 1976 gen. nov., em ambas as áreas amostradas. Durante todo o período de monitoramento, na área 1 foram registrados 932 espécimes, enquanto na área 2 foram registrados 465 espécimes. Ao longo das campanhas, 44 indivíduos foram recapturados com pelo menos 30 dias após a marcação, e 01 indivíduo marcado com a numeração 27 (Figura 10) foi recapturado após 54 dias. Os meses com maior número de recapturas, foram: outubro/2022 (06 rec.), novembro/2022 (05 rec.) e dezembro/2022 (07 rec.).

Os recém emergidos somaram 32 indivíduos e não foram marcados para não causar danos as asas dos indivíduos encontrados, entretanto, foram contabilizados. O mês de maior abundância na área 1 foi outubro/2022, com 54 indivíduos, e o mês com menor abundância foi julho/2021, com seis indivíduos. Na área 2, o mês de novembro/2022 apresentou maior abundância, com 43 espécimes registradas e os meses com menor abundância foram julho e setembro de 2021, quando não foram registrados nenhum indivíduo.

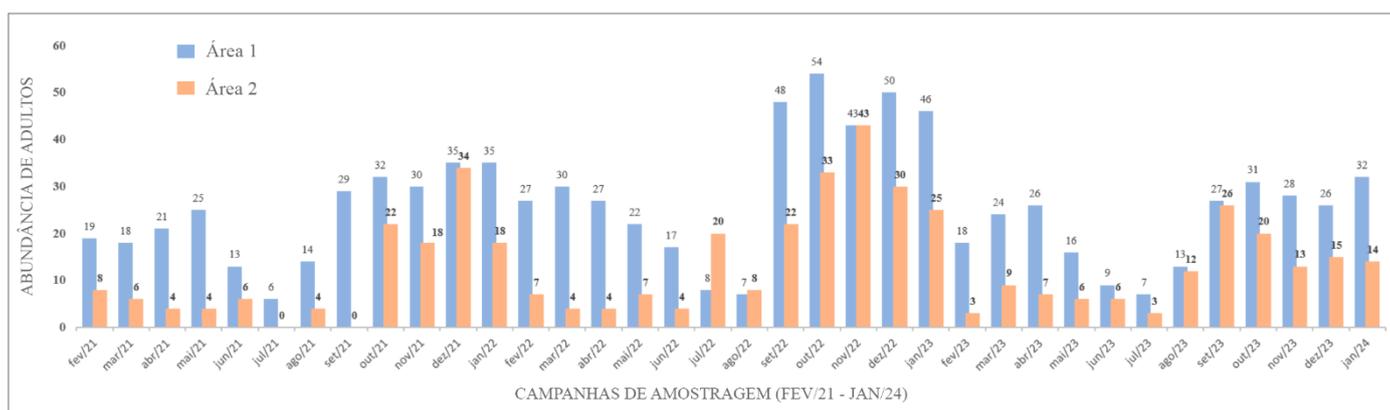


Figura 20: Gráfico de abundância de exúvias de *F. dispar*, durante os meses de monitoramento em ambas as áreas amostradas. Barras em azul são referentes a área 1 e as laranjas referentes a área 2.

Proporção entre machos e fêmeas encontrados nos sítios de reprodução em cada área monitorada

Foram coletados 1.300 indivíduos machos e 101 fêmeas durante todas as campanhas de amostragem. Na área 1, foram coletados 856 indivíduos machos e 76 fêmeas (Figura 11), com a razão sexual de 11 machos para cada fêmea (11,2:1). Na área 2, foram coletados 444 machos e 25 fêmeas (Figura 12), com a razão sexual de 17 machos para cada fêmea (17,7:1).

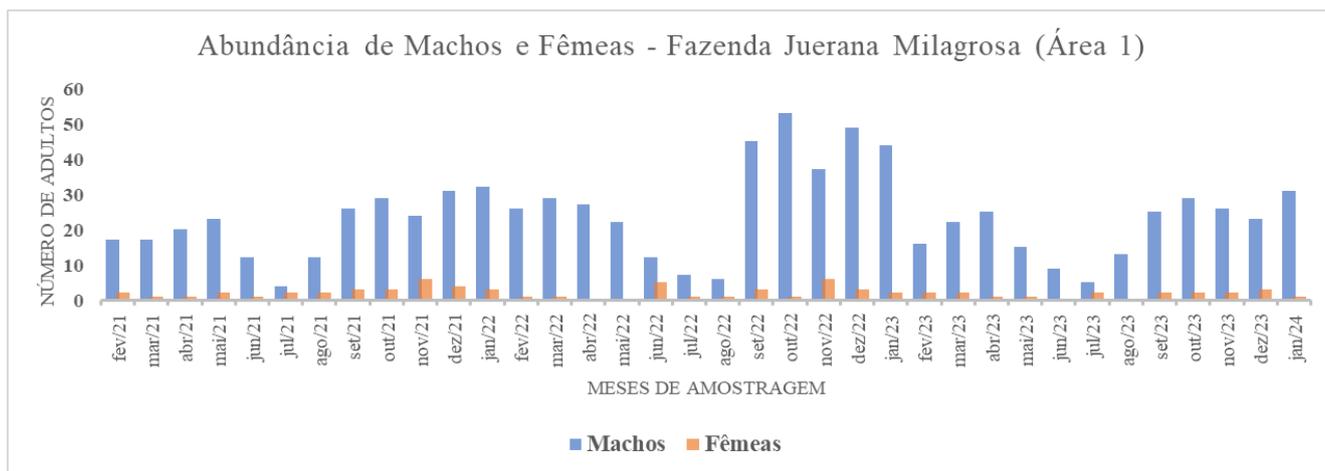


Figura 11: Gráficos do número de machos e fêmeas encontrados, durante os meses de monitoramento na Fazenda Juerana Milagrosa (Área 1).

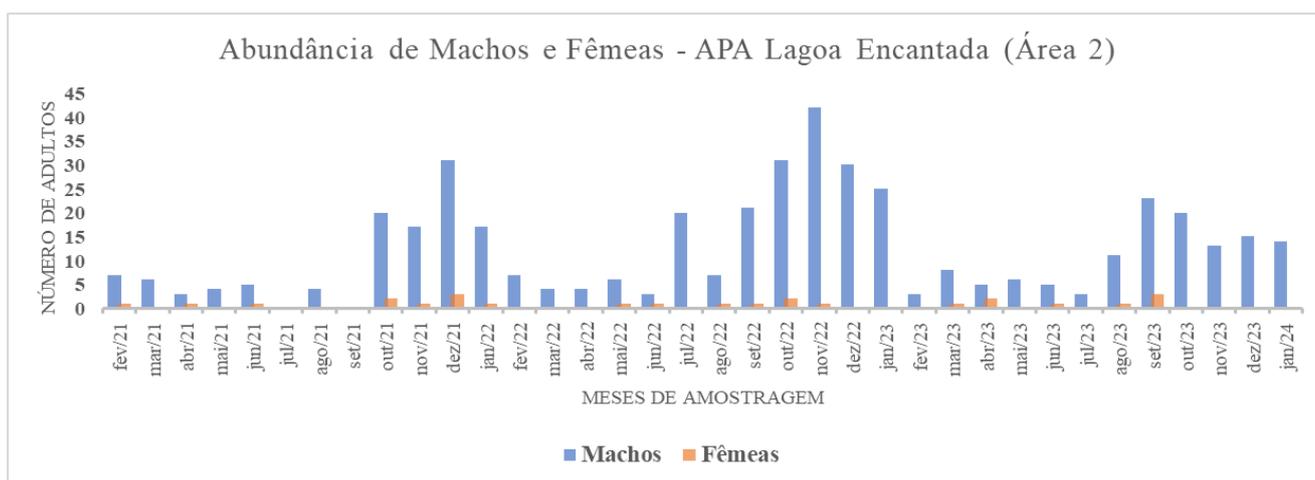


Figura 12: Gráficos do número de machos e fêmeas encontrados, durante os meses de monitoramento na APA Lagoa Encantada (Área 2).

A maior incidência de fêmeas (Figura 13) na área 1 ocorreu predominantemente entre setembro e janeiro. Durante o intervalo de setembro de 2021 a janeiro de 2022, foram capturadas 19 fêmeas, enquanto no período de setembro de 2022 a janeiro de 2023, foram capturadas 15 fêmeas. Destaca-se que setembro registrou o maior número de capturas de fêmeas, com 6 em 2021 e 6 em 2022. Já na área 2, as fêmeas foram capturadas em apenas 19 dos 35 meses de amostragem, sendo dezembro de 2021 e outubro de 2023 os meses com o maior número de fêmeas (3) para a respectiva área.

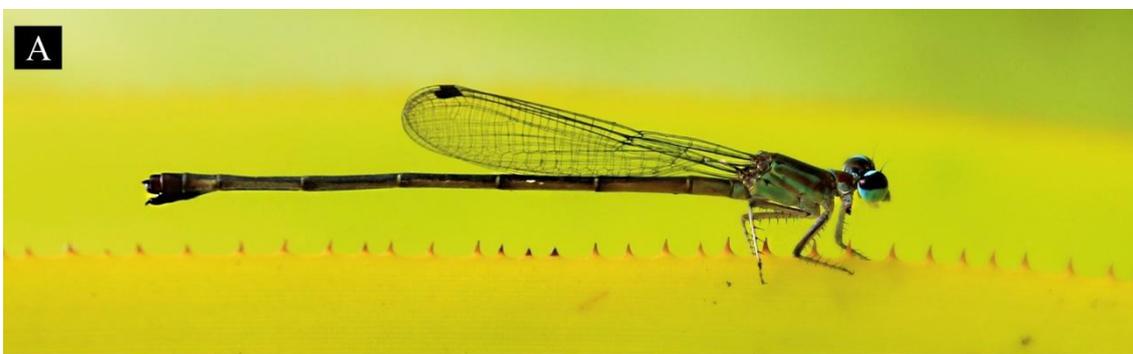


Figura 21: A) Fêmea de *F. dispar* pousada em folha de bromélia. (Imagem: O autor)

Ocorrência das exúvias ao longo dos meses amostrados

Ao longo das campanhas de amostragem nas duas áreas de monitoramento, foram coletadas 1.308 exúvias. Na área 1, foram coletadas e registradas 701 exúvias, com uma média abundante de 132 exúvias nos meses de setembro a fevereiro em todos os anos. Por outro lado, os meses menos abundantes foram entre abril e junho, com uma média de 33 exúvias encontradas durante esses períodos em todos os anos (Figura 14).

Na área 2, as 571 exúvias coletadas evidenciaram uma predominância nos meses de setembro a janeiro, em todos os anos de coleta, apresentando uma média de 124 exúvias. Por contraste, os meses menos propícios foram de maio a agosto, com uma média de 39 exúvias encontradas nesse intervalo ao longo de todos os anos.

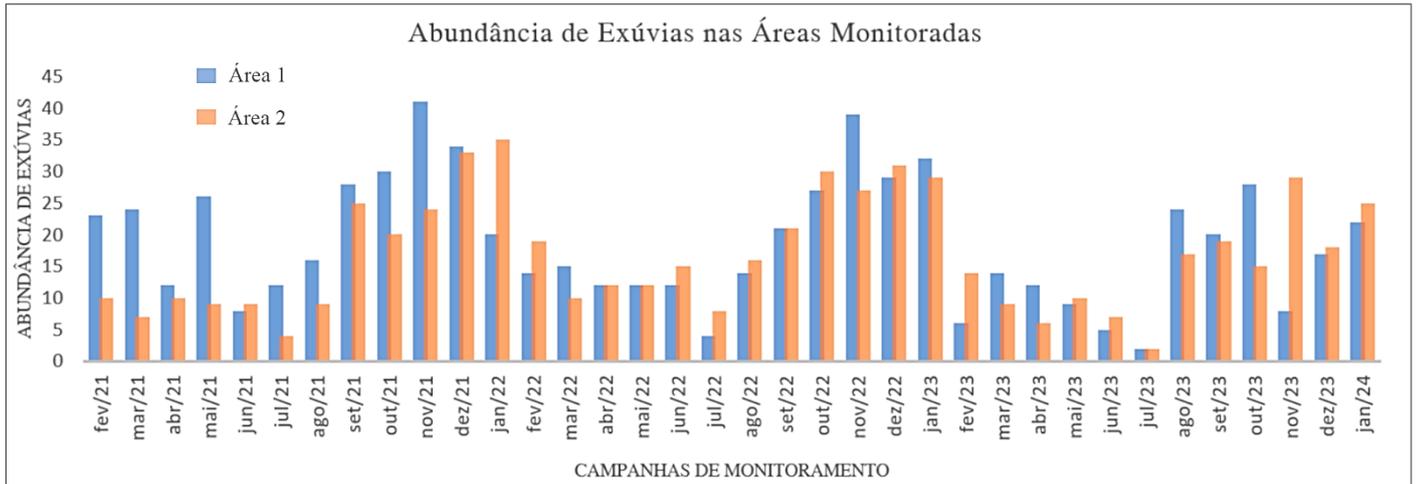


Figura 14: Gráfico de abundância de exúvias de *F. dispar*, durante os meses de monitoramento na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa e na área 2 – APA Lagoa Encantada.

Relação adultos e exúvias em cada uma das áreas

Durante as campanhas, pôde-se notar um padrão consistente na amostragem de adultos e exúvias em ambas as áreas. Na área 1, os adultos foram mais frequentes do que as exúvias na maioria das amostras (Figura 15). Por outro lado, na área 2, a presença de exúvias, na grande maioria das vezes, esteve bem próxima ou ligeiramente superior à quantidade de adultos na maioria das coletas (Figura 16).

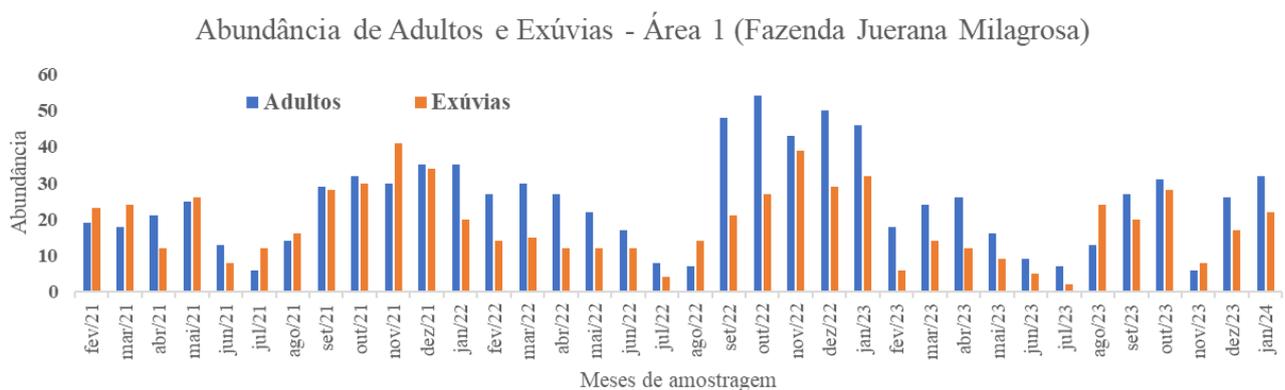


Figura 15: Gráfico de abundância dos adultos e das exúvias de *F. dispar*, ao longo das campanhas de amostragem na área 1.

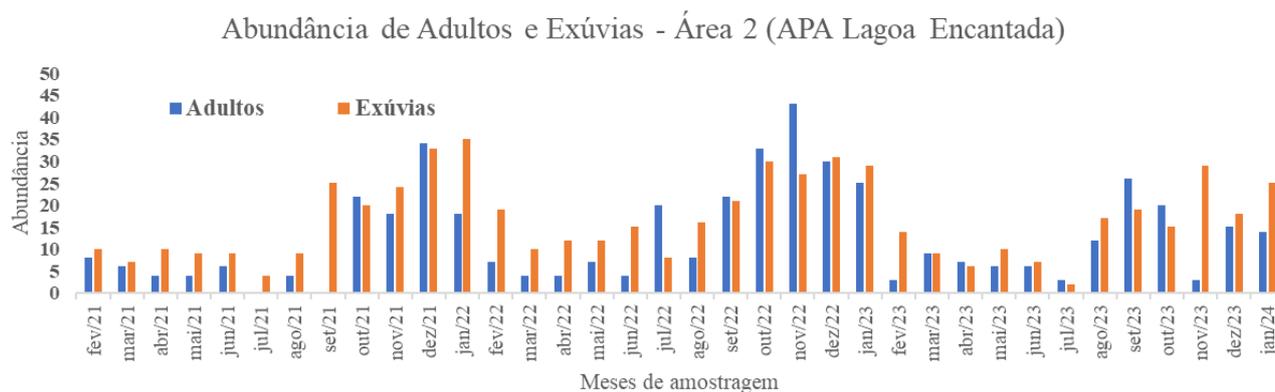


Figura 16: Gráfico de abundância dos adultos e das exúvias de *F. dispar*, ao longo das campanhas de amostragem na área 2.

A análise da abundância de adultos e exúvias ajustada ao tempo de amostragem revela que, nesse aspecto, as exúvias de *F. dispar* superam em abundância os adultos. Na área 1, a presença das exúvias foi consistentemente mais marcante do que a presença dos adultos em todas as coletas (Figura 17). Na área 2, somente no mês de julho de 2022 os adultos alcançaram uma equivalência em abundância com as exúvias (Figura 18). A relação entre a presença de adultos e exúvias foi positivamente correlacionada em 73% para a área 1 ($\rho = 0,739$, $p\text{-value} = 2,521e-07$) e em 54% para a área 2 ($\rho = 0,549$, $p\text{-value} = 0,0005168$). Esses resultados destacam a relação entre adultos e exúvias nas duas áreas estudadas.

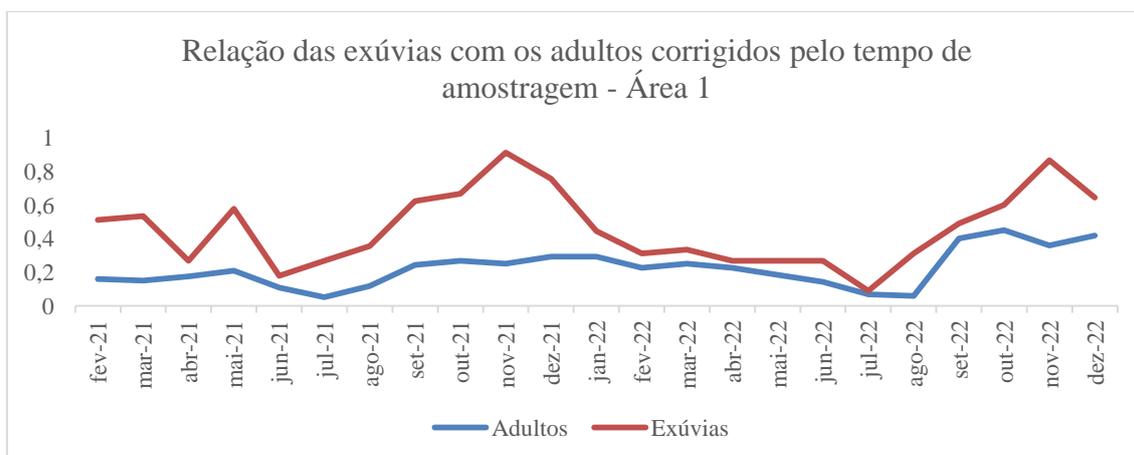


Figura 17: Gráficos de correlação entre abundância de adultos e exúvias com correção de tempo (120min para adultos e 45min para exúvias) na área 1 - Fazenda Juerana Milagrosa.

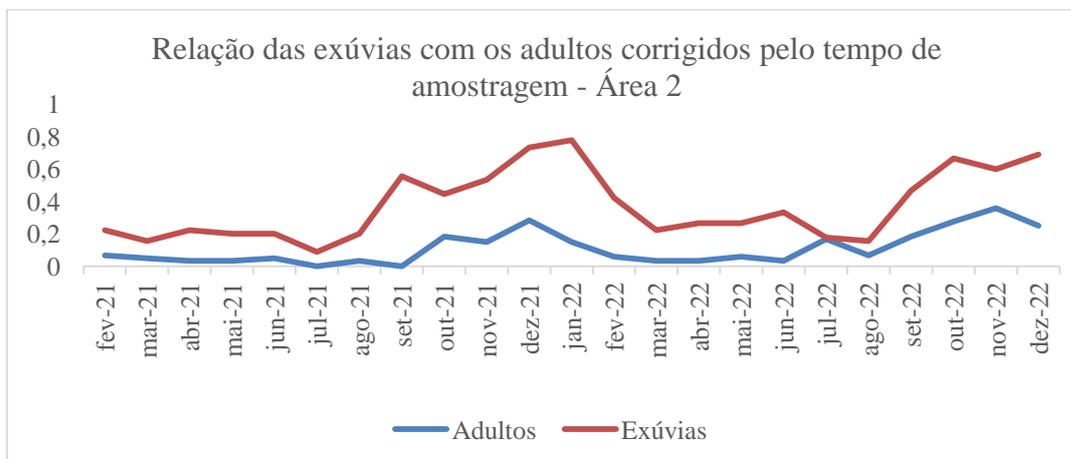


Figura 18: Gráficos de correlação entre abundância de adultos e exúvias com correção de tempo (120min para adultos e 45min para exúvias) na área 2 – APA Lagoa Encantada.

Relação entre os ínstares de desenvolvimento dos imaturos e os meses de amostragem

Foram coletados um total de 1.048 indivíduos imaturos de *F. dispar* ao longo de todas as campanhas de monitoramento. Na área 1, a coleta alcançou 573 indivíduos, enquanto na área 2 foram capturados 567, resultando em uma média de 15 a 21 larvas por campanha. Para cada espécime, a largura da cabeça foi meticulosamente medida para estimar o ínstar, apresentando variação de 0,16 mm a 4,06 mm. Dessa maneira, identificamos a presença de 13 ínstares distintos para a espécie (Tabela 1).

Largura da cabeça com variação de 0.3mm	Frequência
0.16-0.46	38
0.46-0.76	221
0.76-1.06	230
1.06-1.36	176
1.36-1.66	90
1.66-1.96	66
1.96-2.26	58
2.26-2.56	67
2.56-2.86	65
2.86-3.16	64
3.16-3.46	18
3.46-3.76	31
3.76-4.06	14

Tabela 22: Ínstares encontrados para *F. dispar* de acordo com a metodologia proposta por Dyar (1890), com variação de 0,3mm de largura da cabeça entre ínstares.

Na área 1, as larguras das cabeças dos espécimes mostraram uma ampla variação em cada campanha mensal e ao longo de todas as campanhas (Figura 19). Apesar dessa grande variação é possível observar que durante o ano existe uma diferença entre os instares encontrados e os meses do ano ($f= 3.061$ e $p\text{-value}= 2.91e-08$). Sendo um indicativo que durante alguns meses do ano podemos encontrar mais indivíduos nos primeiros instares ou mais indivíduos em instares finais. Pode-se observar que em geral entre os meses de fevereiro e agosto são os que apresentam uma maior quantidade de imaturos nos primeiros instares. O mesmo resultado é observado para área 2 ($f= 6.166$ $p\text{-value}= 2e-16$) (Figura 20).

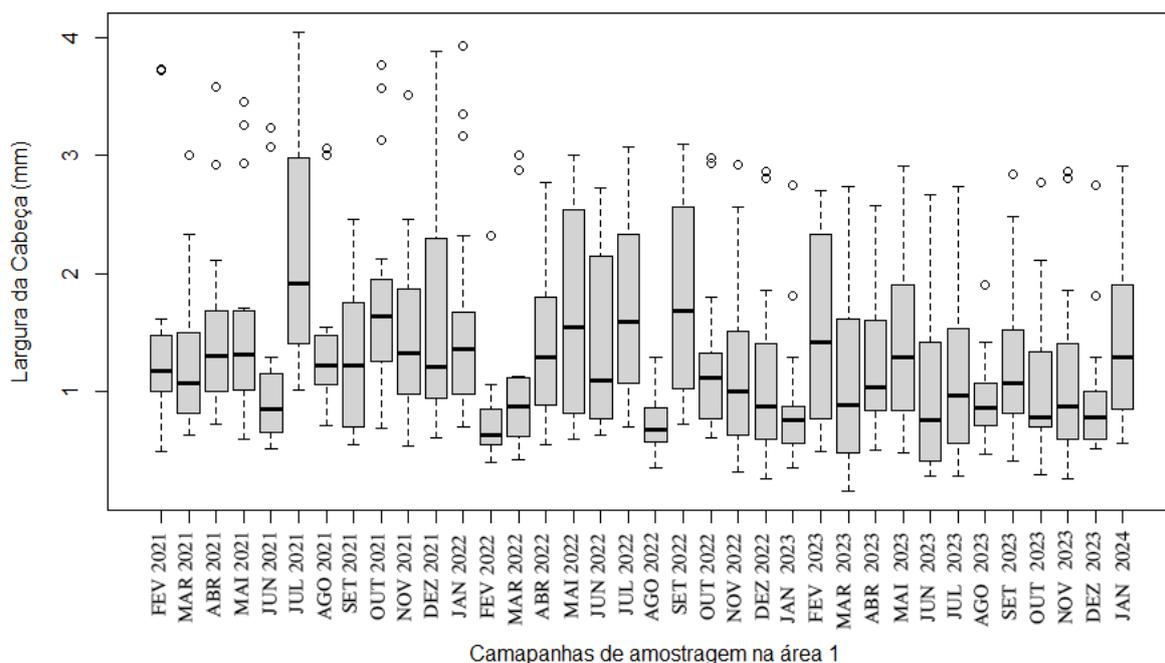


Figura 19: Gráfico da variação da largura das cabeças das larvas de *F. dispar* durante os meses de coleta, na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa

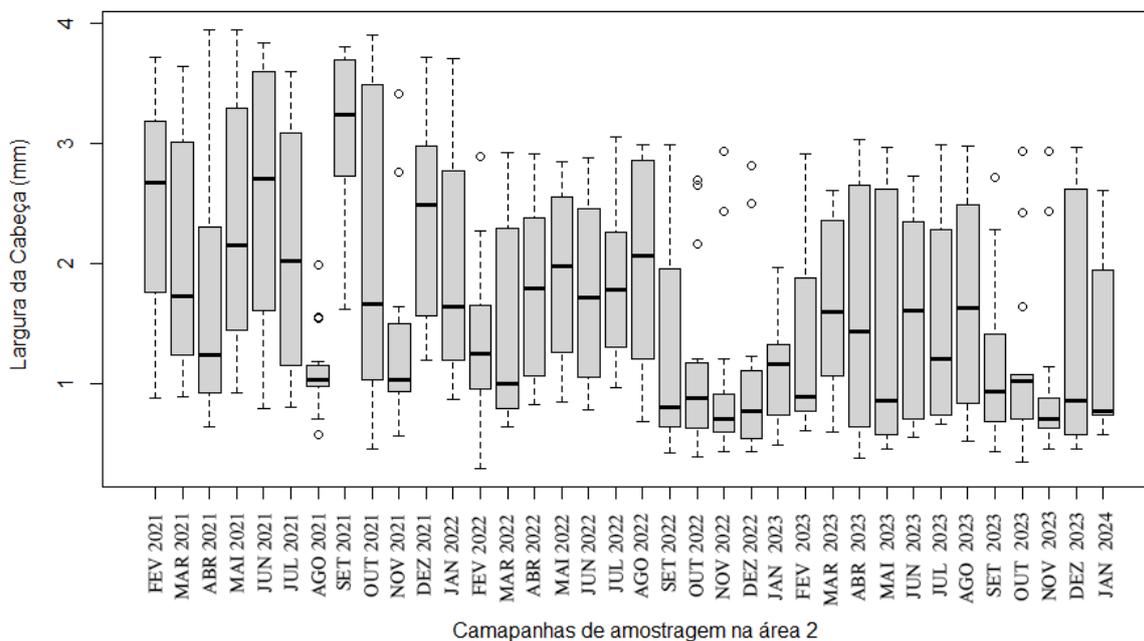


Figura 20: Gráfico da média da largura das cabeças das larvas de *F. dispar* ao longo das coletas, na área 1.

Discussão

Os resultados agregam informações importantíssimas sobre a estrutura populacional de *F. dispar*, ressaltado a importância de estudos de monitoramento populacional através do método de marcação e recaptura para a compreensão de aspectos importantes na estrutura das populações de libélulas. Estudos que empregam essa abordagem na estimativa de parâmetros demográficos em odonatos adultos reconhecem essa metodologia como a mais eficaz, proporcionando valiosas contribuições sobre aspectos ecológicos e comportamentais de espécies da ordem. Além disso, revelam os mecanismos que regem a dinâmica populacional das espécies sem causar grandes danos às populações estudadas, uma vez que os indivíduos capturados são devolvidos ao ambiente após a marcação. (ANHOLT et al., 2001; CORDERO; STOKS, 2008; ALTAMIRANDA; ORTEGA, 2012).

Durante as campanhas de monitoramento, conseguimos estimar que a longevidade dos adultos de *F. dispar* ultrapassa os 54 dias. Este achado não apenas

contribui para o conhecimento específico da espécie *F. dispar*, mas também estabelece uma nova expectativa para a longevidade em estudos com zygópteros de fitotelmatas neotropicais. Em comparação, estudos com as espécies *Hetaerina cruentata* (Rambur 1842) e *Polythore procera* (Selys, 1869) registraram uma expectativa de vida de 44 e 43 dias, respectivamente, sendo até então consideradas as representantes neotropicais com maior longevidade já registrada (ALTAMIRANDA; ORTEGA, 2012).

A constatação de que *F. dispar* supera essas marcas previamente registradas destaca a singularidade e relevância do nosso estudo no entendimento da biologia e ecologia das espécies de fitotelmatas, bem como dos zygópteros em geral. A abordagem da longevidade em insetos tem sido enfatizada em diversos estudos. Essa perspectiva ampla destaca a importância de considerar a longevidade como um fator essencial na compreensão dos ciclos de vida e na formulação de estratégias eficazes de conservação e manejo (CHAPMAN et al., 2024)

Observou-se uma clara relação entre a abundância dos adultos amostrados ao longo dos meses de setembro a fevereiro. Ou seja, os períodos mais quentes e com maiores índices pluviométricos da região. Nos meses considerados com menor temperatura, a presença desses adultos diminuiu, indicando que pode existir uma influência sazonal sobre a espécie. Embora a região onde o estudo foi conduzido não apresenta mudanças extremas de temperatura entre as estações, os meses de junho a agosto correspondem ao período de menor temperatura e com menor índice pluviométrico do ano (INMET, 2023).

Para a maioria dos odonatos neotropicais, tais como as espécies fitotelmatas em questão, fatores ambientais como a temperatura e a pluviosidade desempenham um papel crucial na regulação da abundância do grupo (CORBET, 1999). Essa associação destaca a sensibilidade desses organismos às condições climáticas específicas, enriquecendo nossa compreensão sobre os padrões de distribuição sazonal e oferecendo insights valiosos para estratégias de conservação e manejo.

Os impactos da sazonalidade sobre as libélulas que escolhem fitotelmatas como locais de reprodução têm sido consistentemente documentados. Em um estudo realizado na Mata Atlântica, De Marco e Furieri (2000) identificaram um padrão semelhante para *Nathaliagrion perlongum* (Calvert, 1909), evidenciando um aumento populacional durante os meses quentes e chuvosos, seguido por uma redução nos meses frios e secos. Essa variação sazonal na abundância de libélulas ressalta a influência direta das condições climáticas na dinâmica populacional desses insetos.

Ao analisar a proporção entre machos e fêmeas nas áreas amostradas, notou-se que os machos representaram mais de 90% dos registros. Esta predominância de espécimes machos era previsível, dada a natureza das coletas realizadas em sítios de reprodução específicos para a espécie. Nestes locais, as fêmeas tendem a aparecer de forma esporádica, enquanto os machos geralmente adotam comportamentos territorialistas (CORBET, 1999; ALTAMIRA; ORTEGA, 2012). Durante as campanhas de observação, notamos que as fêmeas presentes nas proximidades dos sítios de reprodução eram, em sua maioria, recém-emergidas ou estavam envolvidas em atividades de cópula.

Essa proporção sexual, com uma prevalência significativa de machos, alinha-se com padrões observados em outras espécies de odonatos e está intrinsecamente ligada aos comportamentos de acasalamento e reprodução característicos dessa ordem (CORBET, 1999). Este resultado está em consonância com outros estudos que abordam uma maior proporção entre machos do que de fêmeas em odonatos de fitotelmatas (FLÓREZ et al., 2018).

Pesquisas indicam que a baixa captura de fêmeas pode estar associada a diversos fatores, como o risco de predação durante a oviposição, a dissincronia na emergência entre machos e fêmeas, e o forrageamento alimentar das fêmeas, realizado em locais distintos dos sítios de reprodução e até como uma estratégia para evitar o assédio dos machos e a cópula forçada (ANHOLT, 2001; FIRME, 2022, PATTEN; BENSON, 2023).

A presença de cópula em *F. dispar*, nos sítios de reprodução amostrados foram distribuídos durante todo o ano, e isso reflete nos estágios imaturos. O desenvolvimento dos ínstaes larvais apresentaram grande variação ao longo de todas as campanhas. Isso mostra que a reprodução, oviposição e desenvolvimento dos imaturos está ocorrendo continuamente nas populações, mesmo que em alguns períodos do ano os adultos sejam menos abundantes. Corroborando com os resultados obtidos durante nossas campanhas, um estudo realizado com as espécies *Mecistogaster linearis* Fabricius, 1776 e *Megaloprepus caerulatus* Drury, 1782, evidenciaram que as atividades reprodutivas também se mantiveram durante todo o ano, especificamente em áreas que não tinham estação seca definida (HEDSTRÖM; SAHLÉN, 2007).

Em relação aos ínstaes, foi possível detectar 13 ínstaes diferentes, de acordo com a esclerotização da cabeça das larvas, conforme proposto por Dyar (1870). A maior frequência de larvas encontradas foram nos ínstaes iniciais. Dado o tamanho reduzido

dos compartimentos dos tanques das bromélias, é provável que o comportamento canibal já reportado em larvas de Odonata esteja regulando as populações em estágios iniciais, fazendo com que poucos indivíduos alcancem instares mais tardios e posterior emergência (VAN-BUSKIRK, 1989; CLARK et al., 2021).

Também observamos uma distribuição de todos os instares ao longo dos meses de monitoramento. Enfatizando que embora em alguns meses pode haver um maior número de indivíduos em estágios mais ou menos desenvolvidos. O processo de reprodução dos adultos é permanente ao longo do ano. Resultados diferentes foram observados por Torreias et al. (2008) em um estudo focado nas larvas de *Bromeliagrion rehni* Garrison, 2005, uma espécie amazônica. Durante a temporada de chuvas, as larvas eram abundantemente encontradas em estágios iniciais de desenvolvimento, indicando uma maior incidência de oviposição durante esse período.

Os dados relativos à abundância de adultos de odonatos têm sido empregados como uma ferramenta valiosa na predição do estado de integridade de diversos ambientes. Alguns estudos destacam as exúvias dos odonatos como uma excelente ferramenta, pois refletem informações sobre a presença ou ausência de estágios imaturos e adultos. No entanto, há uma lacuna significativa na aplicação desses dados para o monitoramento populacional em regiões neotropicais, refletindo na ausência de protocolos padronizados (VALENTE-NETO et al., 2016).

Em um estudo recente, Arguel *et al.* (2022) propuseram um protocolo padronizado utilizando exúvias para avaliação de populações de libélulas ribeirinhas no continente europeu. Os resultados obtidos indicam que o uso de exúvias é uma abordagem confiável para a detecção e monitoramento das espécies de libélulas que foram avaliadas no estudo. Esta iniciativa destaca a importância de estabelecer protocolos padronizados em regiões neotropicais, visando preencher essa lacuna e aprimorar a eficácia do monitoramento populacional de odonatos. A aplicação de metodologias uniformes não apenas facilita comparações entre diferentes estudos, mas também contribui para uma compreensão mais abrangente e precisa das dinâmicas populacionais desses insetos em ambientes neotropicais.

Nas nossas amostragens, observamos que a coleta de exúvias demandou um tempo significativamente menor do que a coleta de adultos, mesmo assim, registramos uma abundância expressiva de indivíduos. Os dados revelaram uma forte associação, exibindo um padrão de semelhança na distribuição ao longo dos meses em comparação com os adultos encontrados. Em outras palavras, a utilização das exúvias pode otimizar

as pesquisas, fornecendo informações fidedignas sobre a estimativa da abundância populacional de *F. dispar*, uma vez que os indivíduos estão continuamente emergindo desses locais.

Nossos resultados representam uma contribuição significativa para o entendimento da biologia e ecologia de *F. dispar*. Essa espécie emerge como um modelo exemplar para estudos ecológicos, dado seu notável histórico de vida, preferências ambientais distintas e notável adaptação ao habitat. A riqueza de informações relacionadas à estrutura e distribuição populacional ao longo dos meses de amostragem não apenas aprofunda o conhecimento sobre essa espécie específica, mas também estabelece uma base sólida para investigações ecológicas futuras, não só para *F. dispar*, mas também para outras libélulas que compartilham a característica de ovipositar em fitotelmata.

Esses insights são particularmente valiosos para grupos de libélulas menos explorados, endêmicos ou ameaçados, fornecendo um alicerce robusto para estudos mais amplos de conservação e ecologia. Compreender a estrutura populacional dessas espécies não apenas nos oferece uma visão mais completa de sua dinâmica, mas também serve como um guia fundamental para a formulação de estratégias de manejo e gestão eficazes. A implementação de medidas de conservação direcionadas, quando necessário, pode ser fundamentada nessas informações, fortalecendo os esforços para preservar não apenas *F. dispar*, mas também ecossistemas associados e suas diversas formas de vida.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. C. P. T. **A comunicação impressa nas áreas de proteção ambiental - estudo sobre o jornal da APA Lagoa Encantada, Ilhéus-Ba.** Comunicação & Informação, v. 6, n. 2, p. 48-61, 2003.

ALTAMIRANDA-S, M.; ORTEGA, M, O. **Population structure of *Polythore gigantea* (Odonata: Polythoridae) in lotic systems with different conservation states in Antioquia-Colombia.** Rev. biol. trop ; 60(3): 1205-12016. 2012.

ANHOLT, B.R.; C. VORBURGER; KNAUS, P. **Mark recapture estimates of daily survival rates of two damselflies (*Coenagrion puella* and *Ischnura elegans*).** Can. J. Zool. 79: 895-899, 2001.

ARAÚJO, S. A., **Avaliação da estrutura populacional e efeito das variáveis**

ambientais sobre uma população de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876. 53f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2023.

ARGUEL, L.; DENIS, A.S.; DANFLOUS, S.; GOUIX, N.; SANTOUL, F.; BUISSON, L.; PELOZUELO, L. **Detection and Monitoring of Riverine Dragonfly of Community Interest (Insecta: Odonata): Proposal for a Standardised Protocol Based on Exuviae Collection.** *Diversity* 2022

CHAPMAN, M.; et al. **Biodiversity monitoring for a just planetary future.** *Science*, v. 383, n. 6678, p. 3, 2024.

CLARK, Candace; HOSSIE, Thomas J.; BERESFORD, David V. **Density-Dependent Cannibalism in Dragonfly Nymphs (Odonata: Anisoptera) Overwintering in Temperate Freshwater Ponds.** *Environmental Entomology*, v. 50, n. 6, p. 1483–1489, dez. 2021.

CORBERT, P. S. **Dragonflies: behaviour and ecology of Odonata.** Harley books, 1999.

CORDERO, R. A.; STOKS R. **Mark-recapture studies and demography. Pages 7-20 in A. Córdoba-Aguilar, editor. Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research.** Oxford University Press, Oxford, 2008.

DE MARCO, P., Jr. & FURIERI, K. S. **Ecology of *Leptagrion perlongum* Calvert, 1909: a bromeliad-dweller odonate species.** *Boletim do Museu de Zoologia Mello Leitão*, 11(12), 135-148, 2000.

DIJKSTRA, K. D., MONAGHAN M. T., PAULS, S. U. **Freshwater biodiversity and aquatic insect diversification.** *Annu Rev Entomol.* 2014;59:143-63. doi: 10.1146/annurev-ento-011613-161958. 2018.

FIRMME, B. C. **Libélulas (Odonata) fitotelmata: Uma cienciometria do grupo e avaliação da estrutura populacional de *Leptagrion dispar* Selys, 1876, em áreas da Mata Atlântica.** 60f. Dissertação (Mestrado em zoologia) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2022.

FLÓREZ, B. D.; GARCÍA, M. P.; ALTAMIRANDA-SAAVEDRA, M.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, N. **Population structure of *Mecistogaster ornata* (Odonata: Pseudostigmatidae) in two fragments of tropical dry forest, in the department of Atlantic, Colombia.** *Boletín Científico Del Centro de Museos*, 22(2), 107–131, 2018.

HAMADA. N.; NESSIMIAN, J.L.; BARBOSA, R. **Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia.** Instituto Nacional de Pesquisas na Amazônia. Manaus, 2019.

HEDSTRÖM, I.; SAHLÉN, G. **The dry season governs the reproduction of three pseudostigmatid zygopterans in Costa Rica (Odonata: Pseudostigmatidae).**

International Journal of Odonatology. v.10 (1), 2007.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). **Boletim climatológico anual do Brasil**. Brasília, Brasil: INMET, 2023.

LENCIONI, F.A.A. **Analysis of male *Leptagrion* Selys, 1876 sensu lato (Odonata: Coenagrionidae) with description of four new genera and a new species**. Zootaxa, v. 5105 (1), 63-104, 2022.

LAMELAS-LÓPEZ, L., FLORENCIO, M., BORGES, P. A. V., & CORDERO-RIVERA, A. **Larval development and growth ratios of Odonata of the Azores**. Limnology, 18(1), 71–83, 2016.

PATTEN, M.A. and BENSON. **A broader flight season for Norway's Odonata across a century and a half**. Oikos, 2023.

RAEBEL, E. M, et al. **Multi-scale effects of farmland management on dragonfly and damselfly assemblages of farmland ponds**. *Agric. Ecosyst. Environ.* 2012.

RIBEIRO, C.; SANTOS, L. R.; RODRIGUES, M. E. **New records of the Critically Endangered *Leptagrion acutum* Santos, 1961 (Odonata, Coenagrionidae) from southern Bahia, Brazil**. Check List, v.17, 59, 2021.

RISING, J., TEDESCO, M., PIONTEK, F., STAINFORTH, D. A. **The missing risks of climate change**. Nature, v. 610, p. 643-651, 2022.

SANTOS, L. S.; RIBEIRO, C. S.; MARIANO, R. RODRIGUES, M. E. **Description of the larva of *Leptagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae) with notes on distribution and ecology of the specie**. Zootaxa, 4896(1), 2020.

SIMAIKA, J.P., SAMWAYS, M.J. **Using dragonflies to monitor and prioritize lotic systems: a South African perspective**. *Org Divers Evol* 12, 251–259, 2012.

SUHLING, F., SAHLÉN, G., MARTENS, A., MARAIS, E., SCHÜTTE, C. **Dragonfly assemblages in arid tropical environments: a case study from western Namibia**. In: Hawksworth, D.L., Bull, A.T. (eds) Arthropod Diversity and Conservation. Topics in Biodiversity and Conservation, vol 1. Springer, 2006.

SRIVASTAVA, D. S.; KOLASA, J.; BENGTTSSON, J.; GONZALEZ, A.; LAWLER, S. P.; MILLER, T. E.; MUNGUIA, P.; ROMANUK, T.; SCHNEIDER, D. C.; TRZCINSKI, M. K. **Are natural microcosms useful model systems for ecology?** Trends in Ecology and Evolution, v. 19, n. 7, p. 379–384, 2004.

TORREIAS, S. R. D. S., NEISS, U. G., HAMADA, N., FERREIRA-KEPPLER, R. L., & LENCIONI, F. A. **Description of the larva of *Bromeliagrion rehni* (Odonata: Coenagrionidae) with bionomic notes concerning its phytotelmic habitat in central Amazonas, Brazil**. Revista Brasileira de Zoologia, 25(3), 479-486, 2008.

VALENTE-NETO, F.; ROQUE, F.O.; RODRIGUES, M.E.; JUEN, L.; SWAN, C. **Toward a practical use of Neotropical odonates as bioindicators: Testing congruence across taxonomic resolution and life stages**. Ecol. Indic v. ,61, 952–959,

2016.

VAN BUSKIRK, Josh. **Density-Dependent Cannibalism in Larval Dragonflies.** *Ecology*, v. 70, n. 5, p. 1442-1449, out. 1989.

VARGAS, L., **Ein interessanter Biotop der Biocönose von Wasserorganismen.** *Biol zentralblatt*, 48: 143-162, 1928.

Capítulo 2

Efeito da sazonalidade sobre populações de *Fredyagrion dispar* (Odonata: Coenagrionidae) na Mata Atlântica

Resumo

Entender o comportamento das populações ao longo do tempo e do espaço é um desafio crucial na ecologia moderna. A identificação dos mecanismos moduladores das variações nos padrões de biodiversidade, especialmente a variação sazonal, é essencial para estratégias de conservação. A notável endemicidade de algumas espécies de insetos, destaca ainda mais a importância do nosso conhecimento sobre as questões sazonais, ressaltando a importância de compreender e monitorar essas variações para preservar suas populações. Nessa perspectiva, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da sazonalidade sobre duas populações de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata – Coenagrionidae), considerando as distintas estações do ano (verão, primavera, outono e inverno), utilizando os indivíduos adultos e as exúvias. Foram realizadas 36 campanhas de amostragem, entre os meses de fev/2021 a jan/2024, contemplando todas as estações durante três anos de monitoramento. Nossas análises indicaram que o ápice da abundância dos adultos de *F. dispar* ocorreu durante os meses que correspondem a primavera, com 34,94% na área 1 e 45,59% na área 2. O mesmo padrão foi encontrado para as exúvias da espécie, com maior abundância na primavera na área 1, apresentando 34,34% de incidência e para área 2 o período da primavera e verão registram simultaneamente 34,23% de abundância. A espécie *F. dispar* demonstrou certa sensibilidade às mudanças sazonais, sua presença e comportamento parecem intrinsecamente regulados por variações previsíveis nas condições ambientais, especialmente aquelas relacionadas às estações do ano (temperatura e pluviosidade). Nesse sentido, reforçamos a importância da mitigação de impactos antrópicos ligados ao processo de aquecimento global e de alterações hidrológicas. Essas fundamentais para a manutenção sazonal das populações de *F. dispar*. Enfatizando que essas alterações podem levar a mudanças abruptas e até mesmo a extinção local de *F. dispar* e de outras espécies consideradas endêmicas que vivem em ambientes tão sensíveis como o de fitotalmatas.

Palavras-chave: Sazonalidade, Mudanças Climáticas, Fitotelmata, Libélulas, Zygoptera.

Introdução

Entender o comportamento das populações ao longo do tempo e do espaço representa um dos desafios mais prementes da ecologia moderna. Identificar os mecanismos moduladores das variações nos padrões de biodiversidade e seus impactos associados, é essencial para formulação de estratégias de conservação. Nesse aspecto, a variação sazonal é considerada um modulador crucial na regulação dos arranjos da diversidade em diferentes ambientes e grupos taxonômicos (MEHMOODA et al., 2021).

Os insetos representam o maior grupo taxonômico conhecido, com mais de um milhão de espécies conhecidas. Diversos estudos destacam o efeito da sazonalidade em comunidades de insetos, afetando a disponibilidade de alimentos, ciclos reprodutivos, abundância e distribuição das espécies (PIRES et al., 2020; LEITE-FERREIRA et al., 2021; LEVIAS et al., 2022).

Dentro do grupo dos insetos, a Ordem Odonata sensíveis às variações sazonais (MEHMOODA et al., 2021). Inúmeros estudos indicam que essas alterações sazonais exercem influência significativa sobre a abundância, distribuição, ciclo de vida, comportamento e até mesmo a coloração desses fascinantes insetos (CORBERT, 1999; RENNER, 2014; MOORE et al., 2021). Essa sensibilidade dos odonatos às mudanças sazonais não apenas os torna indicadores sensíveis do estado do ambiente, mas também destaca a importância de compreender e monitorar essas variações para a preservação de suas populações (ROCHA-ORTEGA et al., 2019; CHAPMAN et al., 2024).

A espécie *Fredyagrion dispar* Selys, 1876, é endêmica do Brasil, ocorrendo em áreas costeiras do bioma Mata Atlântica nos estados da Bahia e Espírito Santo (LENCIONI, 2006; FIRMME, 2022). São fitotelmatas, ou seja, se reproduzem exclusivamente em ambientes aquáticos temporários, como algumas espécies de bromélias-tanque (Bromeliaceae) e ocos de árvores. Na região sul da Bahia, a espécie é comumente encontrada em áreas de florestas costeiras, mangues e restinga, por serem áreas que apresentam elevada abundância de bromélias-tanque e condições ambientais propícias para sua reprodução (SANTOS et al., 2020; FIRME, 2022).

A especificidade de habitat desses organismos pode ser um fator crítico, pois alterações nas variáveis ambientais podem afetar a sobrevivência dessas espécies (SRIVASTAVA et al., 2004). Sendo assim, compreender como esse organismo se

comporta diante das flutuações ambientais colabora para sua utilização como bioindicador de qualidade ambiental dessas áreas específicas, além de agregar conhecimentos sobre sua história natural.

Nessa perspectiva, o objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da sazonalidade sobre duas populações de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876, considerando as distintas estações do ano (verão, primavera, outono e inverno). A nossa hipótese fundamenta-se na expectativa de que a abundância da espécie seja mais expressiva nos períodos mais quentes (primavera-verão), período de maiores temperaturas e pluviosidade na região. Nossa predição, baseia-se na premissa de que, em condições de temperatura mais baixa e com menor pluviosidade, a disponibilidade de recursos tende a diminuir, resultando em menores quantidades de recursos alimentares e de habitats para oviposição e desenvolvimento das fases imaturas, afetando diretamente a abundância nas populações de odonatos.

Materiais e métodos

Áreas de estudo

As coletas foram realizadas em duas áreas consideradas litorâneas na região sul do estado da Bahia, nos municípios de Ilhéus e Uruçuca (Figura 1). Segundo Köppen (1936) o clima da região é caracterizado como Af, sendo quente e úmido e sem um período seco bem definido. A temperatura média é de 23.2°C, variando entre 19.3°C e 29°C, umidade relativamente alta e com precipitação anual atingindo 2700mm (FIRMME, 2022).

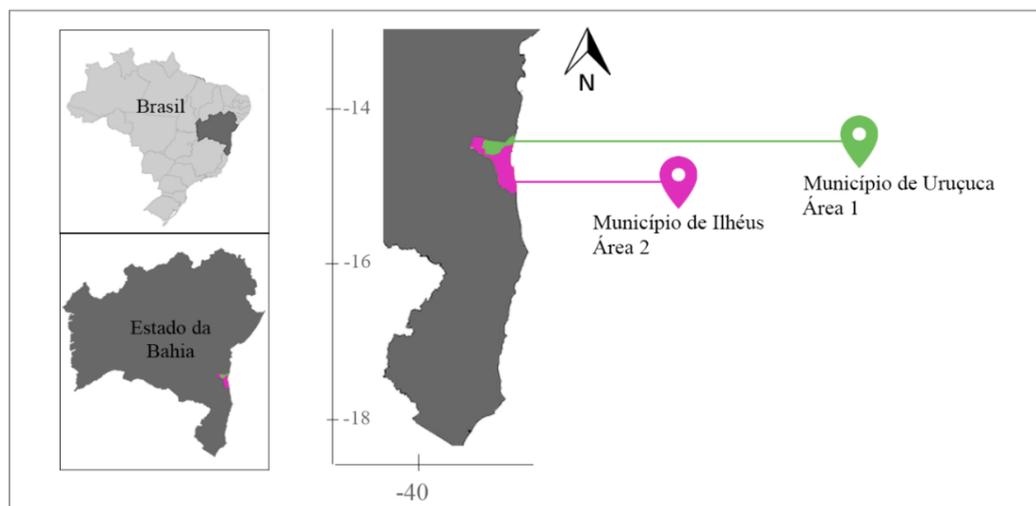


Figura 5: Mapa evidenciando os municípios de Ilhéus (APA - Lagoa Encantada / Área 2) e Uruçuca (APA Itacaré/Serra Grande - Fazenda Juerana Milagrosa / Área 1), onde foram realizadas as campanhas de monitoramento.

Área de Estudo 1

O sítio de amostragem no município de Uruçuca está dentro da APA Itacaré/Serra Grande na área da Fazenda Juerana Milagrosa ($14^{\circ}26'23.3''S$, $39^{\circ}02'13.4''W$), denominado neste estudo como área 1 (Figura 2). A fazenda possui uma área de 170 ha e está localizada a 100 m de altitude no distrito Serra Grande. A fazenda possui uma RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) de 93,95 ha de Mata Atlântica. Neste local as bromélias estão aglomeradas em moitas, distribuídas em uma área de aproximadamente 2000 metros quadrados. A maioria das plantas está no solo e algumas poucas são epífitas, rodeadas por áreas de mata secundária próximas à sede da fazenda (FIRME, 2022).



Figura 6: A-B) Imagens da área onde foram realizadas as coletas da área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa. (Imagens: O autor)

Área de Estudo 2

A área 2 está localizada em uma Área de Proteção Ambiental chamada APA Lagoa Encantada e Rio Almada, na rodovia Ilhéus-Itacaré (Figura 3). A APA foi criada em 1993, possui uma área de 11.800 hectares e abriga uma população de mais de 23 mil pessoas, segundo índice de 2003 (ALBUQUERQUE, 2003). O local de coleta, denominado neste estudo como área 2, tem uma área de aproximadamente 200 x 150 m e está localizado a nível do mar em uma restinga próximo a ocupações urbanas do Joia do Atlântico ($14^{\circ}38'54.5''S$, $39^{\circ}05'24.0''W$). A área de coleta fica próxima à estrada que leva a Lagoa Encantada, não muito distante de uma área urbanizada, havendo no local a presença de gado para pastoreio.

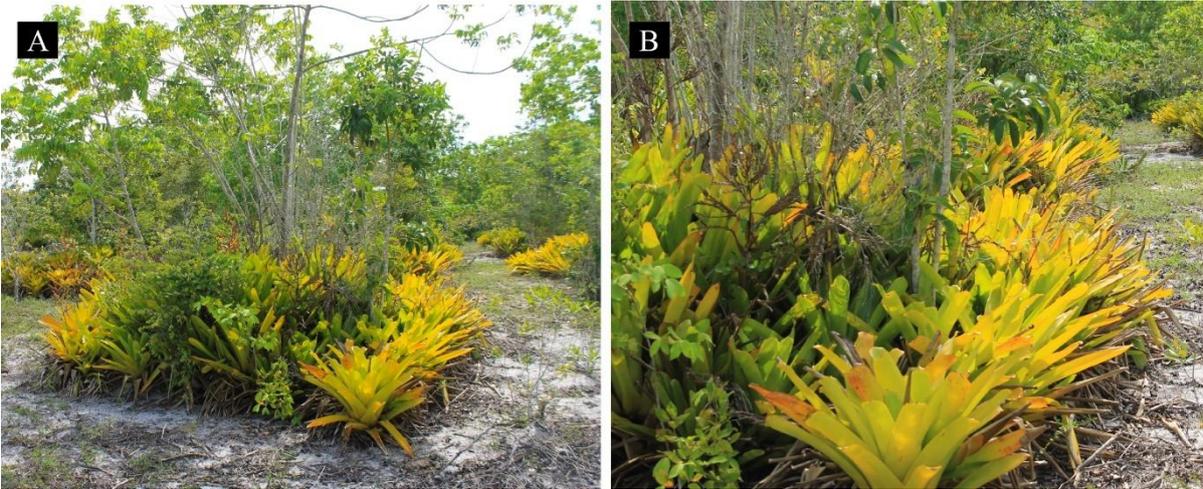


Figura 7: A-B) Imagens da área onde foram realizadas as coletas da área 2 – APA Lagoa Encantada. (Imagens: O autor)

Campanhas de Monitoramento

Foram realizadas campanhas de monitoramento populacional na área 1 e na área 2, sendo a primeira campanha no mês de fevereiro de 2021 e a última em janeiro de 2024. As buscas foram feitas nos sítios de reprodução de cada área, isto é, nas bromélias-tanque onde as fêmeas de *F. dispar* depositam seus ovos. Todas as coletas foram realizadas sempre na segunda quinzena, entre os dias 20 e 30 de cada mês.

Amostragem dos Adultos

Os adultos foram capturados utilizando redes entomológicas em busca ativa dos indivíduos, por um período de duas horas, em dias ensolarados, no horário de maior atividade do grupo, entre às 9:00 e às 16:00. Os indivíduos capturados e marcados com caneta nanquim resistente a água (Figura 4). E as informações sobre sexo, localidade e número de marcação foram registrados em protocolo de campo.

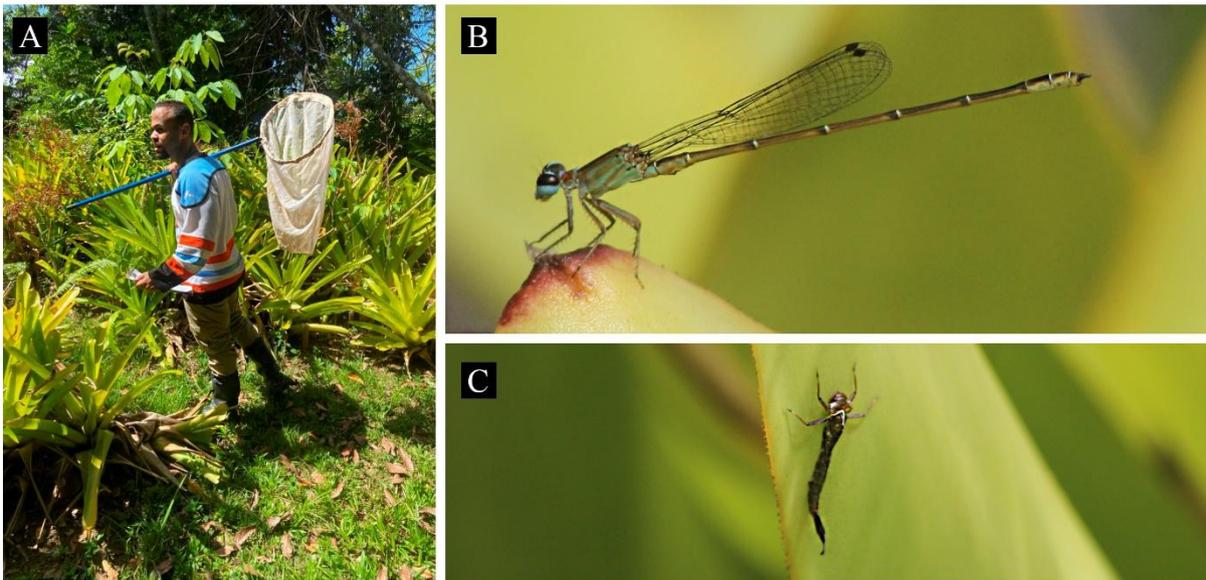


Figura 8: A) Coleta ativa dos adultos. B) Espécime de *F. dispar*. C) Exúvia de *F. dispar*. (Imagens: O autor)

Amostragem das Exúvias

As exúvias encontradas foram coletadas por um período de 45 minutos. Todas as exúvias de *F. dispar* encontradas foram coletadas com auxílio de uma pinça, armazenadas em frasco de vidro e registrado em protocolo de monitoramento.

Análise dos dados

As abundâncias dos adultos e das exúvias foram representadas graficamente, divididas por estações do ano. A fim de investigar a correlação entre a abundância de adultos e o número de exúvias em consonância com as distintas estações, conduziu-se um teste estatístico não paramétrico, o teste de Kruskal Wallis. Posteriormente, para realizar análises mais aprofundadas e elucidar as nuances dessas relações sazonais, empregou-se o teste de Dunn, um teste de comparações múltiplas, onde foi evidenciado em quais estações estavam a maior diferença de abundância. Testamos também os padrões sazonais através da análise estatística circular conforme proposto por Morellato et al. (2010). O vetor médio (μ), comprimento do vetor médio (r) e teste de Rayleigh (Z e p) (Zar, 2010) foram calculados usando o software Oriana 2.0 (Kovach Computing

Services, Pentraeth, UK, 2004). O vetor médio corresponde ao período da maior abundância e o r indica a concentração de abundância em torno da data média, indicando padrão sazonal em um período específico do ano (Morellato et al. 2010). Valores de Z são significativos quando $p < 0.05$, nesse caso o teste estatístico circular indica que existe um padrão sazonal de abundância para a espécie.

Resultados

Durante os 36 meses de amostragem, foram registrados 1.397 indivíduos da espécie *F. dispar*, em ambas as áreas amostradas. Na área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa), a abundância total foi de 932 espécimes, enquanto na área 2, foram registrados 465 indivíduos (Figura 5).

Considerando o período de coleta, fev/2021 a jan/2024, 36 meses no total, passando por todas as estações do ano, por três vezes ininterruptas, foi registrado que na área 1 a estação com maior abundância foi a primavera (319), seguido do verão (280), e o período com menor abundância foi inverno (106), e o outono (208). Na área 2, o período mais abundante foi a primavera (212), no verão foram registrados 145 indivíduos, e os períodos menos abundantes foram o outono (49) e o inverno (59).

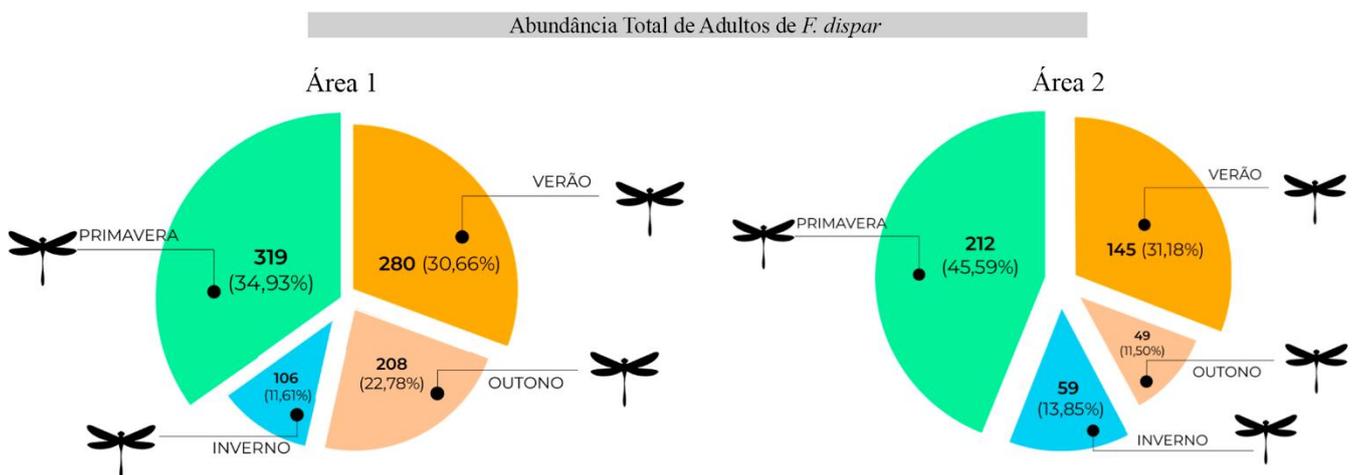


Figura 5: Gráfico da distribuição da abundância total dos adultos de *F. dispar* entre as estações do ano, na área 1 e na área 2.

Em relação as fêmeas da espécie avaliada, essas também apresentaram maior abundância nos períodos de primavera - 28 espécimes para área 1 e 10 espécimes para área 2 - e verão (19 espécimes para área 1 e 5 para área 2). Em contrapartida, os períodos de outono e inverno registram a menor abundância, na área 1 foram capturadas 13 fêmeas no outono e 12 no inverno, na área 2 foram capturadas 6 fêmeas no outono e 4 no inverno.

O resultado do teste de Kruskal-Wallis revela uma diferença significativa da abundância de *F. díspar* entre as estações do ano, para a área 1 o valor estatístico encontrado foi: $p = 0.0001432$, e para a área 2, o valor encontrado foi de $p = 0.0005077$. O teste a posteriori de Dunn demonstrou que as diferenças estão entre as estações inverno e primavera ($p = 0.0001$) e inverno e verão ($p = 0.002$) na área 1 (Tabela 1) e inverno e primavera ($p = 0.002$) e outono e primavera ($p = 0,002$) na área 2 (Tabela 2).

Tabela 5: Resultado do teste de Dunn, com os adultos para a área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e primavera/verão.

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
INVERNO - OUTONO	-1.9253440	5.418633e-02	0.1625589979
INVERNO - PRIMAVERA	-4.1529223	3.282562e-05	0.0001969537
OUTONO - PRIMAVERA	-2.2275783	2.590865e-02	0.1036346048
INVERNO - VERA0	-3.4589029	5.423803e-04	0.0027119016
OUTONO - VERA0	-1.5335589	1.251382e-01	0.2502764081
PRIMAVERA - VERA0	0.6940194	4.876701e-01	0.4876700680

Tabela 6: Resultado do teste de Dunn, com os adultos para a área 2 (APA Lagoa Encantada), evidenciando a maior diferença entre os períodos de Outono/Inverno e a primavera.

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
INVERNO - OUTONO	0.08980588	0.928441472	0.928441472
INVERNO - PRIMAVERA	-3.45752655	0.000545159	0.002725793
OUTONO - PRIMAVERA	-3.54733243	0.000389153	0.002334919
INVERNO - VERA0	-2.06553534	0.038872375	0.116617126
OUTONO - VERA0	-2.15534122	0.031135142	0.124540569
PRIMAVERA - VERA0	1.39199121	0.163925061	0.327850122

Em relação as exúvias, o teste de Kruskal-Wallis encontrou os seguintes valores: p-valor de 0.01078 para Fazenda Juerana Milagora (área 1) e p-valor de 0.001098 para APA Lagoa Encantada (área 2). Enfatizando que existe uma diferença entre a abundância das exúvias com as estações do ano. Sendo que a primavera, na área 1 apresentou 34,34% da abundância total, seguido pelo verão, com 30,36%, outono com 18,45% e inverno com 16,85%. Na área 2, a primavera registrou 34,2% da abundância total de exúvias, o verão 4,2%, outono 15,60% e inverno 16,28% (Figura 6).

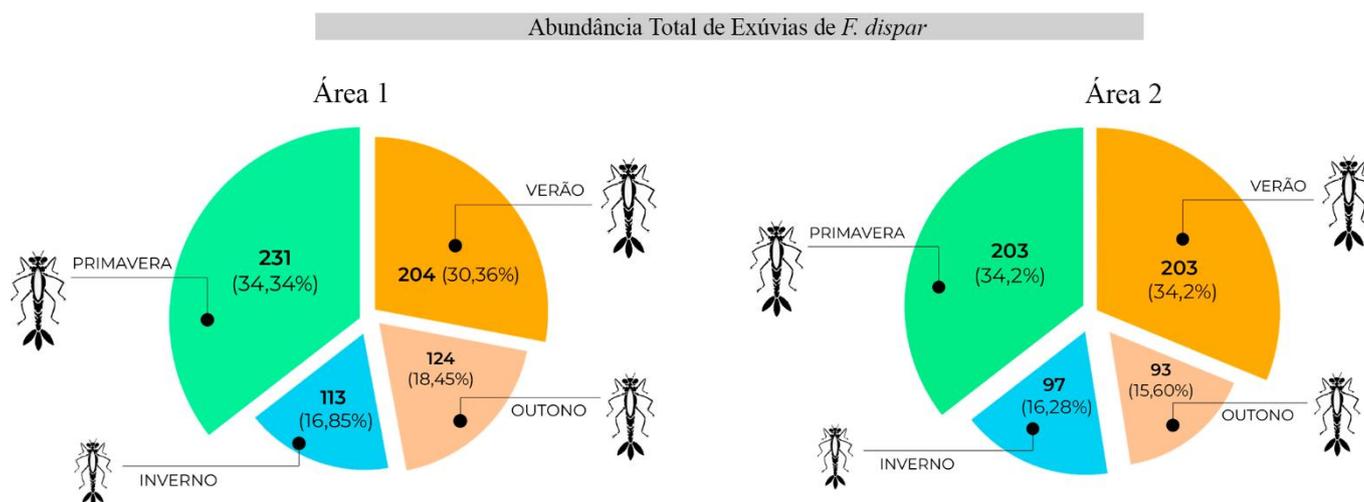


Figura 6: Gráfico da distribuição da abundância total das exúvias de *F. díspar* entre as estações do ano, na área 1 e na área 2.

O teste a posteriori de Dunn demonstrou que as diferenças estão entre as estações de inverno/primavera ($p=0.01$), outono/primavera ($p=0.01$), inverno/verão ($p=0.02$), outono/verão ($p=0.02$) para área 1 e inverno/primavera ($p=0.05$) para área 2 Tabela 3 e 4).

Tabela 7: Resultado do teste de Dunn, com as exúvias para a área 1 (Fazenda Juerana Milagrosa), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e verão.

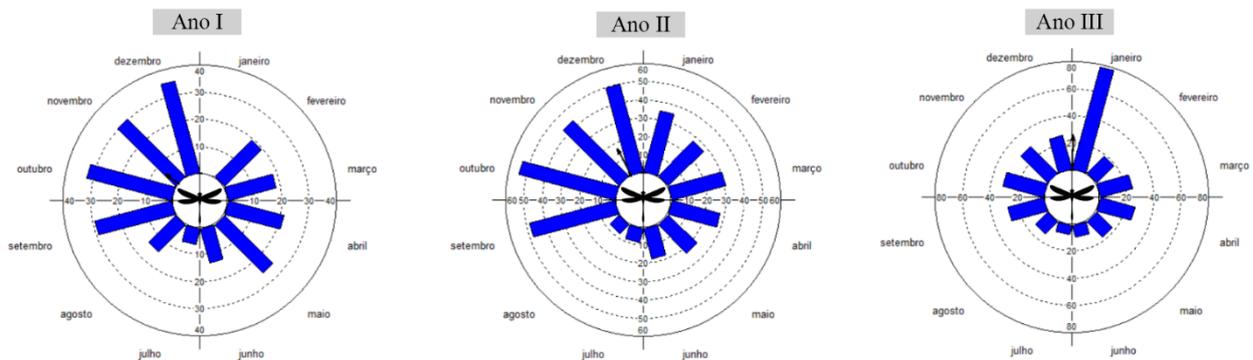
Comparison	Z	P.unadj	P.adj
INVERNO - OUTONO	-0.1906893	0.848769052	0.84876905
INVERNO - PRIMAVERA	-2.6359986	0.008389007	0.05033404
OUTONO - PRIMAVERA	-2.4453094	0.014472794	0.07236397
INVERNO - VERA0	-2.2434031	0.024870834	0.09948333
OUTONO - VERA0	-2.0527138	0.040100341	0.12030102
PRIMAVERA - VERA0	0.3925955	0.694618235	1.00000000

Tabela 8: Resultado do teste de Dunn, com as exúvias para a área 2 (APA Lagoa Encantada), evidenciando a maior diferença entre os períodos de inverno e primavera.

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
INVERNO - OUTONO	-0.1568658	0.875350652	0.87535065
INVERNO - PRIMAVERA	-3.0588822	0.002221645	0.01332987
OUTONO - PRIMAVERA	-2.9020164	0.003707691	0.01853846
INVERNO - VERAO	-2.7451507	0.006048312	0.02419325
OUTONO - VERAO	-2.5882849	0.009645517	0.02893655
PRIMAVERA - VERAO	0.3137315	0.753724971	1.00000000

Os testes estatísticos circulares dos adultos e das exúvias para área 1 evidenciam o padrão sazonal em todos os anos de amostragem, com valores de Z significantes ($p < 0.05$). Os dados mostram ainda que a abundância máxima não é agregada ($r > 0.5$), ou seja, não possui período sazonal restrito a uma estação do ano, mas com picos entre os meses de setembro e janeiro, abrangendo duas estações, a primavera e o verão. O vetor médio aponta que a abundância média está entre os meses de novembro, dezembro e janeiro.

Abundância de Adultos de *F. dispar* na Área 1 - Fazenda Juerana Milagrosa



Abundância de Exúvias de *F. dispar* na Área 1 - Fazenda Juerana Milagrosa

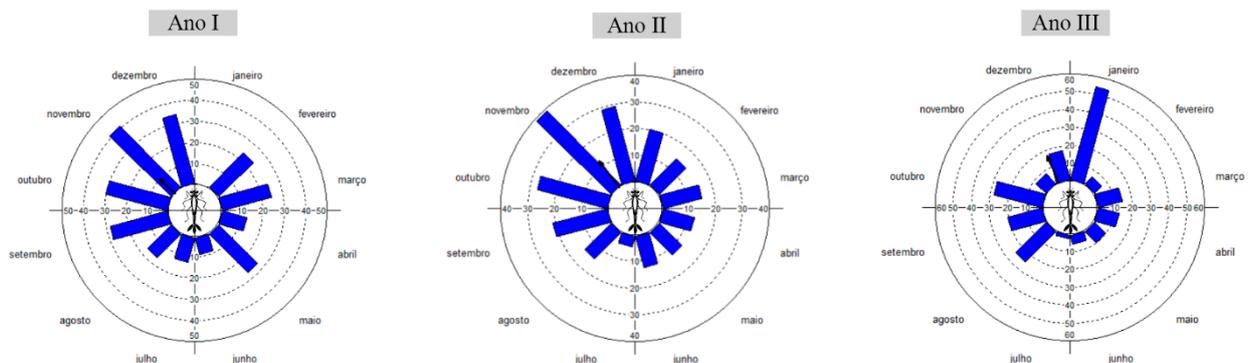


Figura 7: Histogramas circulares de abundância de adultos e exúvias de *F. dispar* durante três anos de monitoramento na área 1 – Fazenda Juerana Milagrosa. Ao redor são os meses do ano, as barras dentro dos círculos indicam a abundância, a posição da seta indica o período de maior média de abundância e o comprimento da seta indica o valor médio de abundância.

Tabela 5: Resultado da análise estatística circular da abundância de adultos e exúvias de *F. dispar* na área 1. Número de observações no ano (N), vetor médio (μ), desvio padrão do vetor médio (μ SD), média do comprimento do vetor (r), teste de Rayleigh (Z e p).

	N	μ	Grupo Médio	μ (SD)	r	Z	p
Adultos - Faz. Juerana (Ano I)	242	308.325	Nov	111.248	0.152	5.579	0.004
Adultos - Faz. Juerana (Ano II)	368	332.879	Dez	91.974	0.276	27.973	0
Adultos - Faz. Juerana (Ano III)	303	0.763	Jan	85.826	0.326	32.132	0
Exúvias - Faz. Juerana (Ano I)	254	311.671	Nov	103.458	0.196	9.746	5.85e-5
Exúvias - Faz. Juerana (Ano II)	219	323.363	Nov	88.081	0.307	20.61	1.12e-9
Exúvias - Faz. Juerana (Ano III)	199	335.79	Dez	90.9	0.284	16.059	1.06e-7

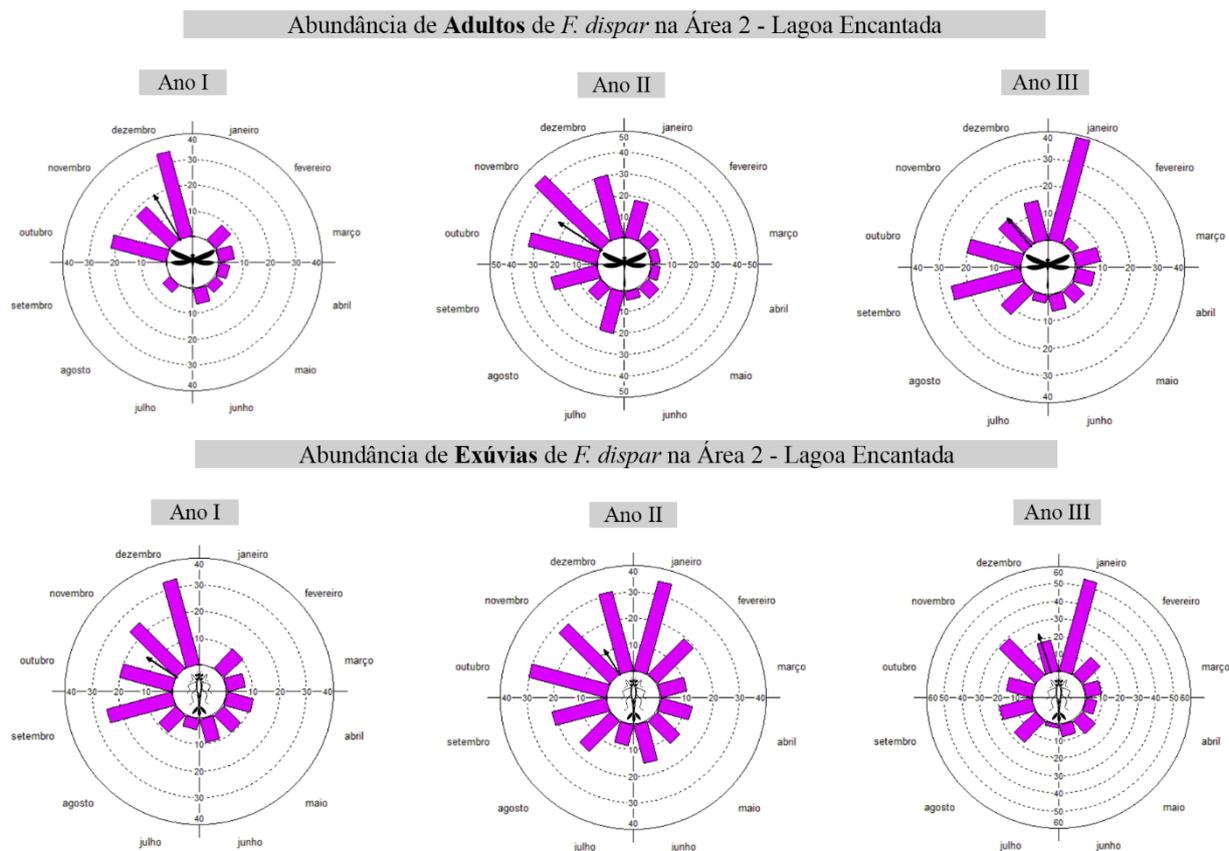


Figura 8 : Histogramas circulares de abundância de adultos e exúvias de *F. dispar* durante três anos de monitoramento na área 2 – Lagoa Encantada.

Para área 2, os testes estatísticos circulares revelam o padrão sazonal para abundância da espécie durante todo o período de monitoramento (Figura 8), com valores de Z significativos ($p < 0.05$). A abundância foi agregada ($r < 0.5$) somente para o primeiro ano de amostragem dos adultos, onde a abundância foi concentrada em torno do vetor médio, entre os meses de outubro, novembro e dezembro (primavera). A média da abundância máxima de adultos e exúvias foi entre os meses de novembro e dezembro, período de transição entre a estação da primavera e verão.

Tabela 6: Resultado da análise estatística circular da abundância de adultos e exúvias de *F. dispar* na área 2. Número de observações no ano (N), vetor médio (μ), desvio padrão do vetor médio (μ SD), média do comprimento do vetor (r), teste de Rayleigh (Z e p).

	N	μ	Grupo Médio	μ (SD)	r	Z	p
Adultos - Lag. Encantada (Ano I)	106	330.602	Dez	67.103	0.504	26.891	2.10e-12
Adultos - Lag. Encantada (Ano II)	200	302.795	Nov	69.996	0.474	44.964	0
Adultos - Lag. Encantada (Ano III)	159	320.926	Nov	84.607	0.336	17.963	1.58e-8
Exúvias - Lag. Encantada (Ano I)	160	302.875	Nov	85.009	0.333	17.705	2.04e-8
Exúvias - Lag. Encantada (Ano II)	236	329.032	Nov	91.383	0.28	18.541	8.86e-9
Exúvias - Lag. Encantada (Ano III)	200	342.048	Dez	79.456	0.382	29.23	0

Discussão

Considerando a ordem Odonata, estudos que avaliam o efeito da sazonalidade em espécies de fitotelmatas ainda são escassos. Entretanto, as mudanças nos padrões de distribuição de outras espécies de libélulas em consequência do ciclo sazonal são bem conhecidas, sendo influenciadas principalmente pela variação de temperatura, fotoperíodo e disponibilidade de chuvas (HARABIŠ; DOLNÝ, 2010).

Os dados coletados ao longo de três anos consecutivos do monitoramento revelam a influência significativa dos ciclos sazonais sobre as populações de *F. dispar*. Nossos resultados indicaram que o ápice da abundância desses insetos ocorreu durante a primavera, com 35,54% na área 1 e 43,9% na área 2. Os testes estatísticos circulares evidenciam o padrão sazonal da espécie, com altos valores de Z e valores de $p < 0.05$, tanto para os adultos quanto para exúvias. Entretanto, os valores de “r” mostram que não há agregação apenas em um período do ano, mas em dois períodos, sendo eles: primavera e verão.

Na região, os períodos que correspondem as estações da primavera e verão são

marcados pelo aumento da temperatura e da pluviosidade o que conseqüentemente aumenta os recursos alimentares das larvas e dos adultos, bem como dos habitats para oviposição e desenvolvimento das larvas, visto que os indivíduos da espécie *F. dispar* são dependentes da água da chuva acumulada nas plantas para completar seu ciclo de vida. Essas condições climáticas são conhecidas por estimular a atividade de uma ampla diversidade de insetos, favorecendo uma complexa teia de interações na cadeia alimentar entre os diversos grupos animais (LEVIAS, 2022).

Estudos que avaliaram questões sazonais na Mata Atlântica e em outras regiões, têm detectado um aumento da riqueza e abundância de Odonata nos períodos de primavera e verão, e a diminuição da riqueza no outono/inverno enfatizando a relação da sazonalidade com a abundância das espécies (RENNER, 2014; MEHMOODA et al., 2021). Considerando o local onde o presente estudo foi realizado, observou-se um aumento nas abundâncias de *F. dispar* entre o período da primavera e verão, sem uma diferença significativa entre os dois. Entretanto, foi identificado um declínio dessas populações durante o inverno. O que reforça a influência direta desses fatores sazonais na diminuição da presença dos indivíduos de Odonata (MEHMOODA et al., 2021).

Em nossos resultados, percebemos uma consistência notável entre os padrões observados em adultos e exúvias, com aumento da abundância nos períodos mais quentes e redução nos períodos mais frios e secos. O que reforça a utilização das exúvias também para monitorar questões de sazonalidade. As exúvias das libélulas têm sido utilizadas de maneira significativa em estudos ecológicos como indicadores valiosos da presença e abundância de Odonata, sendo considerados *surrogates* dos adultos em algumas regiões (RAEBEL et al., 2012; ARGUEL et al., 2022; ARAÚJO, 2023).

A espécie *F. dispar* demonstrou certa sensibilidade às mudanças sazonais, sua abundância parece intrinsecamente regulados por variações previsíveis nas condições ambientais, especialmente aquelas relacionadas às estações do ano. Em geral, as libélulas fitotelmatas são dependentes dos ambientes com água acumulada, o que se torna crítico quando as condições climáticas são desfavoráveis. Portanto, a escassez de água decorrente da estiagem também é um fator negativo já conhecido em estudo com odonatos, impactando diretamente os locais de reprodução, limitando o sucesso na eclosão das larvas (TORREIAS et al., 2008, MEHMOODA et al., 2021).

Nesse sentido, as modificações ambientais oriundas dos impactos antrópicos em escalas locais ou globais como perdas de áreas nativas para outros usos, alterações nos

regimes hidrológicos regionais e mudanças climáticas podem trazer severos impactos a essas populações de espécies dependentes das características dos ciclos sazonais. Principalmente de espécies como *F. díspar* que são consideradas endêmicas e com especialização de nicho (fitotelmatas). Essas alterações podem levar a redução e ou até mesmo a extinção local dessas populações. Nesse sentido, reforçamos a importância da mitigação dos impactos em escalas locais, regionais e globais como uma forma de manter essas populações que são consideradas mais sensíveis e dependentes dos ciclos sazonais.

Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, E. C. P. T. **A comunicação impressa nas áreas de proteção ambiental - estudo sobre o jornal da APA Lagoa Encantada, Ilhéus-Ba.** Comunicação & Informação, v. 6, n. 2, p. 48-61, 2003.

ARAÚJO, S. A., **Avaliação da estrutura populacional e efeito das variáveis ambientais sobre uma população de *Fredyagrion dispar* Selys, 1876.** 53f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2023.

ARGUEL, L.; DENIS, A.S.; DANFLOUS, S.; GOUIX, N.; SANTOUL, F.; BUISSON, L.; PELOZUELO, L. **Detection and Monitoring of Riverine Dragonfly of Community Interest (Insecta: Odonata): Proposal for a Standardised Protocol Based on Exuviae Collection.** *Diversity* 2022

CHAPMAN, M.; et al. **Biodiversity monitoring for a just planetary future.** *Science*, v. 383, n. 6678, p. 3, 2024.

CORBET, P. S. **Dragonflies - Behavior and Ecology of Odonata.** Ithaca, NY, Comstock Publishing Associates, Cornell University Press, 1999.

FIRMME, B. C. **Libélulas (Odonata) fitotelmata: Uma cienciometria do grupo e avaliação da estrutura populacional de *Leptagrion dispar* Selys, 1876, em áreas da Mata Atlântica.** 60f. Dissertação (Mestrado em zoologia) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2022.

HARABIŠ F., DOLNÝ A. **Ecological factors determining the density-distribution of Central European dragonflies (Odonata).** *European Journal of Entomology*, (2010) vol.107, s. 571–577.

LEITE FERREIRA, M. M.; MELO SILVA, A. R. .; DO VALE BEIRÃO, M. .; SOARES PINHEIRO DOS SANTOS, G. .; DE ALMEIDA OLIVEIRA, M. . **Variação sazonal das borboletas (Lepidoptera) da mata do Museu de História Natural e**

Jardim Botânico da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. Revista de Biologia Neotropical / Journal of Neotropical Biology, Goiânia, v. 18, n. 1, p. 1–16, 2021.

LEIVAS, FWT et al.. **Dinâmica populacional e sazonalidade de *Euspilotus (Hesperosaprinus) azureus* Sahlberg (Coleoptera: Histeridae: Saprininae). Iheringia.** Série Zoologia, v. 112, pág. e2022019, 2022.

LENCIONI, F.A.A. **Damselflies of Brazil, an illustrated identification guide: II – Coenagrionidae families,** 2006.

MEHMOODA, S. A.; ZIAB, A.; AHMEDA, S.; PANHWARC, W. A.; KHAND, W.; SHAHE, M.; ULLAH, Irfan. **Seasonal abundance and distribution of dragonflies in upper Siran valley of District Mansehra Pakistan.** Brazilian Journal of Biology, v. 81, n. 3, p. 7, 2021.

MOORE, Michael P.; HERSCH, Kaitlyn; SRICHAROEN, Chanont; LEE, Sarah; REICE, Caitlin; RICE, Paul; KRONICK, Sophie; MEDLEY, Kim A.; FOWLER-FINN, Kasey D. **Sex-specific ornament evolution is a consistent feature of climatic adaptation across space and time in dragonflies.** Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), v. 118, n. 28, p. 7, 2021.

MORELLATO, L. P. C., ALBERTI, L. F., HUDSON, I. L. **Applications of circular statistics in plant phenology: a case studies approach.** In: Hudson IL, Keatley M (eds) Phenological Research: Methods for Environmental and Climate Change Analysis. Springer, Berlin, 2010.

RAEBEL, E. M, et al. **Multi-scale effects of farmland management on dragonfly and damselfly assemblages of farmland ponds.** *Agric. Ecosyst. Environ.* 2012.

RENNER, Samuel. **Composição de Libélulas (Odonata) em Diferentes Ambientes da Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) - Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.

TORREIAS, S. R. D. S., NEISS, U. G., HAMADA, N., FERREIRA-KEPPLER, R. L., & LENCIONI, F. A. **Description of the larva of *Bromeliagrion rehni* (Odonata: Coenagrionidae) with bionomic notes concerning its phytotelmic habitat in central Amazonas, Brazil.** Revista Brasileira de Zoologia, 25(3), 479-486, 2008.

PIRES, Mateus Marques; SIEGLOCH, Ana Emília; HERNÁNDEZ, Malva Isabel Medina; PETRUCIO, Maurício Mello. **Environmental drivers and composition of assemblages of immature odonates (Insecta) in a subtropical island in southern Brazil.** Acta Limnol. Bras., v. 32, 2020.

ROCHA-ORTEGA, M.; Rodríguez, P.; Córdoba-Aguilar, A. **Can dragonfly and damselfly communities be used as bioindicators of land use intensification?** Ecological Indicators, v. 107, 2019.

SANTOS, L. S.; RIBEIRO, C. S.; MARIANO, RRODRIGUES, M. E. **Description of the larva of *Leptagrion dispar* Selys, 1876 (Odonata: Coenagrionidae) with notes on distribution and ecology of the specie.** Zootaxa, 4896(1), 2020.

SRIVASTAVA, D. S.; KOLASA, J.; BENGTSSON, J.; GONZALEZ, A.; LAWLER, S. P.; MILLER, T. E.; MUNGUIA, P.; ROMANUK, T.; SCHNEIDER, D. C.; TRZCINSKI, M. K. **Are natural microcosms useful model systems for ecology?** Trends in Ecology and Evolution, v. 19, n. 7, p. 379–384, 2004.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, 2010.