

CARACTERIZAÇÃO DA DIVERSIDADE DE BORBOLETAS DE ÁREAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E DE UM FRAGMENTO FLORESTAL

Rafael Oliveira Rodrigues dos Santos, Maria Eduarda Pio Moreno, Maria Regina de Aquino-Silva

Universidade do Vale do Paraíba/Centro de Estudos da Natureza, Avenida Shishima Hifumi, 2911, Urbanova - 12244-000 - São José dos Campos-SP, Brasil, rafaeloliveira.santosbio@gmail.com, mariaeduardapiomoreno88@gmail.com, mregina@univap.br.

Resumo

O presente estudo avaliou a diversidade de borboletas em quatro áreas de restauração ecológica e em um fragmento florestal. Foram registrados 105 indivíduos, distribuídos em 24 espécies, quatro famílias e dez subfamílias, com predominância de Nymphalidae (83,3%). A restauração por *top soil* apresentou maior abundância (N=55) e riqueza específica (N=16). As borboletas frugívoras foram mais representativas (83 indivíduos, 13 espécies), com destaque para *Hamadryas februa* e *Cissia eous*, enquanto as nectarívoras somaram 22 indivíduos de 11 espécies. Observou-se predominância de espécies generalistas e baixa sobreposição entre áreas, sugerindo elevada heterogeneidade ambiental. Os resultados reforçam o potencial das borboletas como bioindicadores na avaliação da saúde e integridade de ecossistemas.

Palavras-chave: Biodiversidade. Restauração ecológica. Fragmento florestal. Bioindicação. Borboletas.

Área do Conhecimento: Ecologia

Introdução

A mineração é uma atividade que provoca impactos significativos sobre a flora e fauna, devido à alteração em larga escala da topografia e à modificação das propriedades físicas e químicas do solo, afetando a estrutura e funcionamento das comunidades de invertebrados e vertebrados (Batista, 2022). Segundo Leite (2016), dentre as atividades minerárias, o extrativismo de areia concentra as mais graves transformações ambientais. A área da antiga Fazenda do Poço, atualmente pertencente ao sistema educacional FVE-UNIVAP, localizada entre São José dos Campos e Jacareí/SP, foi submetida a intensos processos de extração de areia entre as décadas de 1970 e início dos anos 2000, realizados principalmente pelo método de cavas submersas (Trevisan *et al.*, 2013). Como consequência de um longo período de exploração, o cenário físico da paisagem foi drasticamente modificado, em decorrência da supressão da cobertura vegetal, degradação do solo e formação de lagoas artificiais com profundidades de 5 a 25 metros, decorrentes do afloramento do lençol freático (Trevisan *et al.*, 2013).

A Fundação Valeparaibana de Ensino (FVE), atual proprietária da área, implantou em 2003 o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas da Fazenda do Poço (PRAD – Proc. SMA 73.266/98), com o objetivo de restaurar os ecossistemas impactados pela mineração (Trevisan *et al.*, 2013). A restauração ecológica visa restabelecer condições bióticas e abióticas que permitam à fauna e à flora recuperar sua integridade estrutural e funcional, promovendo a reconstituição das interações ecológicas (Furlanetti, 2010). Para isso, é necessário que as áreas em recuperação atinjam complexidade semelhante à de ecossistemas de referência, como fragmentos florestais, sendo fundamental o uso de indicadores biológicos de sucesso para monitoramento, capazes de prever o desenvolvimento futuro da comunidade (Furlanetti, 2010). Nesse contexto, selecionam-se espécies ou grupos de espécies bioindicadoras que funcionem como representantes de outros organismos e processos ecológicos, fornecendo informações importantes sobre a saúde e integridade da biota (Furlanetti, 2010).

De acordo com Batista (2022) e Furlanetti (2010), os invertebrados geralmente são considerados melhores bioindicadores para a avaliação de áreas em processos de restauração, auxiliando na maior compreensão das mudanças nos cenários de regeneração, devido à rapidez de respostas às mudanças ambientais e facilidade de amostragem. Dentre a fauna de invertebrados, as borboletas, insetos da

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Ordem Lepidóptera, destacam-se pela taxonomia relativamente bem resolvida, ciclo de vida curto, alta diversidade ecológica e elevada sensibilidade às alterações ambientais, função de sua estreita dependência de micro-habitats e da especialização no aproveitamento de recursos específicos do meio, sendo que sua presença pode indicar ecossistemas sensíveis e comunidades ricas em espécies, enquanto sua ausência pode refletir distúrbios ou processos de fragmentação intensa (Batista, 2022).

De forma geral, borboletas podem ser agrupadas em duas guildas quanto ao hábito alimentar dos adultos: (1) nectarívoras, que obtêm nutrientes principalmente do néctar floral, incluindo as famílias Papilionidae, Lycaenidae, Hesperidae e subfamílias de Nymphalidae como Libytheinae, Danainae, Ithomiinae e Heliconiinae; e (2) frugívoras, que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, como frutos fermentados, exsudatos de plantas, excrementos de animais e carcaças, representadas por subfamílias de Nymphalidae, entre elas Satyrinae, Charaxinae, Biblidinae, Morphinae, Brassolinae e pela tribo Coeini (Nymphalinae) (Batista, 2022; Hoehne *et al.*, 2017).

O presente estudo teve como objetivo analisar a diversidade de espécies de borboletas, a partir da riqueza e similaridade das comunidades nectarívoras e frugívoras entre quatro áreas de restauração com dois tipos de manejo (plantio direto e *top soil*), em comparação com um fragmento florestal remanescente de Mata Atlântica.

Metodologia

O estudo foi realizado entre os municípios de São José dos Campos e Jacareí (23°12' e 23°13' S a 45°57' e 45°58' W), na área da antiga Fazenda do Poço, atualmente pertencente ao *Campus* Urbanova da Universidade do Vale do Paraíba. Foram contemplados um remanescente de floresta estacional semidecidual secundária (AM3) e quatro áreas em processo de restauração ecológica, implantadas com diferentes métodos de reflorestamento: o plantio direto (AM1 e AM2, iniciado em 2005) e a adição de *top soil* (AM4 e AM5, iniciado em 2007). Foram realizadas quatro campanhas de coleta de borboletas, cada uma com duração de sete dias, durante o mês de agosto de 2025.

As borboletas nectarívoras foram coletadas por captura ativa, utilizando redes entomológicas percorrendo as áreas de amostragem entre 12h e 14h (Cezar *et al.*, 2013). Os ninfálídeos frugívoros foram coletados por captura passiva, utilizando armadilhas Van Someren-Rydon (VSRTs). Essas armadilhas consistem em cilindros de 70 cm revestidos com tecido voal, com a extremidade superior fechada e a inferior aberta para entrada dos insetos. Quatro fios de barbante estão ligados a uma superfície plástica posicionada a 5 cm da abertura inferior, sobre a qual foram colocadas iscas de banana e caldo de cana fermentados por 48 h, sendo substituídas conforme necessário (Furlanetti, 2010).

Em cada sítio de estudo foram instaladas duas armadilhas, penduradas a 1,5 m acima do solo, utilizando-se fios de nylon para sustentá-las em galhos de árvores, sendo distribuídas a intervalos de 200 m entre uma e outra, o que permitiu uma amostragem mais abrangente das áreas (Hoehne *et al.*, 2017; Da Fonseca, 2020). Os indivíduos capturados e identificados em campo foram cuidadosamente manuseados, fotografados e registrados em tabelas, incluindo suas características individuais, data, hora e ponto de amostragem, sendo posteriormente liberados no mesmo local.

Já os indivíduos não identificados foram devidamente inseridos em envelopes entomológicos, sendo encaminhados para posterior identificação no Laboratório do Borboletário do Centro de Estudos da Natureza da Universidade do Vale do Paraíba. A identificação das espécies foi conduzida com base em bibliografia especializada (Oliveira *et al.*, 2024).

Resultados

Em 672 horas de amostragem, foram registrados 105 indivíduos distribuídos em 24 espécies de borboletas, quatro famílias e dez subfamílias (Tabela 01). A família Nymphalidae apresentou a maior riqueza específica, correspondendo a 83,3% das espécies registradas, seguida por Pieridae (8,3%). As famílias Hesperidae e Riodinidae tiveram menor representatividade, com 4,2% cada.

Tabela 1 - Lista de espécies de borboletas registradas na antiga área da Fazenda do Poço, no mês de agosto de 2025. (RP) Restauração por plantio direto; (RT) Restauração por *top soil*; (Frag) Fragmento; (N) Abundância

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

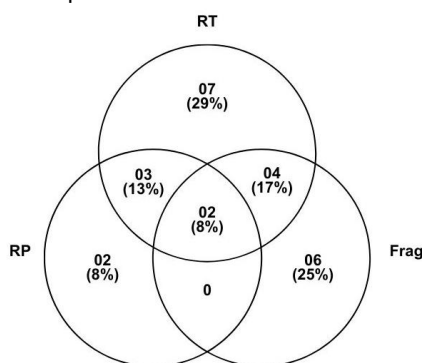
Táxons	RP	RT	Frag	N
Hesperiidae				
Eudaminae				
<i>Urbanus proteus</i>			2	2
Riodinidae				
Riodininae				
<i>Leucochimona icare</i>		1		1
Pieridae				
Coliadinae				
<i>Phoebis sennae</i>	1	2		3
<i>Eurema sp</i>	2			2
Nymphalidae				
Biblidinae				
<i>Hamaryas februa</i>	9	4	8	21
<i>Hamadryas feronia</i>	2	7		9
<i>Catonephele numilia</i>		4		4
Charaxinae				
<i>Archaeoprepona chalciope</i>			1	1
<i>Memphis otrere</i>		1		1
<i>Memphis appias</i>		1		1
<i>Fountainea ryphea</i>	1	7		8
Danainae				
<i>Epityches eupompe</i>	1			1
<i>Mechanitis lysimnia</i>			4	4
<i>Greta oto</i>			1	1
Heliconiinae				
<i>Eueides isabella</i>		3	1	4
<i>Philaethria wernickei</i>			1	1
Limenitidinae				
<i>Adelpha iphiclus</i>		1	1	2
<i>Adelpha lycorias</i>		1		1
Nymphalinae				
<i>Colobura dirce</i>		3	3	6
Satyrinae				
<i>Cissia eous</i>	4	12	4	20
<i>Caligo illioneus</i>		5	2	7
<i>Taygetis thamyra</i>		1		1
<i>Opsiphanes invirae</i>		2		2
<i>Godartiana muscosa</i>			2	2
Total coletado	20	55	30	105

Fonte: Os autores (2025)

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A área de restauração por *top soil* apresentou o maior número de indivíduos observados (N=55), correspondendo a 52% do total amostrado (N=105). A riqueza de espécies observada também foi maior para RT (N= 16), seguida de Frag (N= 12), sendo menor para área em restauração por plantio direto (N=07). Das 24 espécies registradas o ambiente RT apresentou sete exclusivas (29%), o ambiente Frag exibiu seis espécies exclusivas (25%) e o RP apresentou apenas duas exclusivas (8%). As espécies *Hamadryas februa* e *Cissia sp* foram comuns nas três áreas, destacando-se também como as mais abundantes do levantamento. De modo geral, verificou-se um padrão de baixa sobreposição de espécies entre as áreas, com reduzido número de táxons compartilhados (03, 02, 04 e 0 espécies), conforme evidenciado na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama de Venn para a riqueza de espécies exclusivas e compartilhadas nos sítios de estudo



Fonte: Os autores (2025)

Em relação à diversidade de borboletas por guilda alimentar, foram registrados 83 indivíduos frugívoros da Família Nymphalidae, distribuídos em quatro subfamílias (Biblidinae, Charaxinae, Nymphalinae e Satyrinae) e 13 espécies, sendo *Hamadryas februa* (25,3%) e *Cissia eous* (24,1%) as mais representativas no estudo (Tabela 01). A subfamília Satyrinae apresentou a maior riqueza específica, com cinco espécies amostradas (*Cissia eous*, *Caligo illioneus*, *Taygetis thamyra*, *Opsiphanes invirae* e *Godartiana muscosa*), correspondendo a 38,5% do total de espécies frugívoras registradas e a aproximadamente 35,5% dos indivíduos amostrados.

Para as borboletas nectarívoras, foram coletados 22 indivíduos, pertencentes a quatro famílias, seis subfamílias e 11 espécies, com destaque para *Eueides isabella* (18,2%), *Mechanitis lysimnia* (18,2%) e *Phoebis sennae* (13,6%) como as espécies mais abundantes entre os nectarívoros. A subfamília Danainae apresentou a maior riqueza específica, com quatro espécies registradas (*Epityches eupompe*, *Mechanitis lysimnia* e *Greta oto*). Observou-se que, nas três áreas avaliadas, a riqueza de espécies de borboletas frugívoras superou a das nectarívoras, evidenciando um padrão de maior representatividade dessa guilda alimentar.

Discussão

De acordo com Furlanetti (2010), a avaliação contínua da diversidade e da riqueza de organismos, bem como de suas interações, constitui um dos principais indicadores da saúde e da integridade dos ecossistemas. O monitoramento e a caracterização da diversidade de borboletas em determinadas regiões podem fornecer informações relevantes sobre a qualidade ambiental de áreas em processo de recuperação, além de subsidiar estratégias de conservação efetiva e o uso sustentável dos recursos naturais (Furlanetti, 2010). Nesse contexto, as borboletas são amplamente utilizadas como organismos representativos de outros grupos e processos ecológicos, em atividades conhecidas como bioindicação (Furlanetti, 2010). Diante disso, esses organismos bioindicadores de restauração devem ser considerados não apenas na avaliação da recuperação visual da paisagem, mas também na reconstrução dos processos ecológicos que mantêm a dinâmica vegetal (Furlanetti, 2010).

A elevada riqueza e abundância da família Nymphalidae, evidenciada no presente trabalho, corrobora com diversos levantamentos de lepidópteros realizados em áreas de Mata Atlântica (Hoehne

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

et al., 2017; Pereira *et al.*, 2020; Lima, 2020). Essa família é amplamente reconhecida pela alta diversidade em hábitos e morfologia, representando cerca de 29% das espécies de borboletas em comunidades da região Neotropical (Pereira *et al.*, 2020). Oliveira (2024), sugere que borboletas da família Nymphalidae podem ser típicas em ambientes de floresta estacional semidecidual e similares. Além disso, muitos ninfalídeos apresentam comportamento generalista, ocorrendo tanto em fitofisionomias mais preservadas quanto em ambientes antropizados ou próximos a atividades antrópicas (Pereira *et al.*, 2020).

Dentre os ninfalídeos frugívoros registrados, a subfamília Satyrinae (N=5) se destacou pela maior riqueza específica. Resultados semelhantes foram relatados por Batista (2022), que descreveu a maior abundância de indivíduos dessas duas subfamílias em áreas perturbadas. Além disso, Batista (2022) indica que Satyrinae se trata de um grupo relativamente generalista quanto ao uso de habitats, o que pode justificar a presença de *Cissia eous* nos três sítios de estudo, visto que às áreas amostradas apresentam fitofisionomias diferentes entre si. No entanto, Hoehne *et al.*, (2020), relataram que determinados satiríneos são sensíveis à perda e à fragmentação de habitats, sendo indicadores de ambientes pouco perturbados. Diante disso foram registrados indivíduos de *Caligo illioneus* tanto na área de restauração por *top soil* (N=5) quanto no fragmento florestal (N=2). Espécies desse gênero pertencem à tribo Brassolini, reconhecida como um importante indicativo de florestas fechadas e bem preservadas. Esse padrão sugere que RT e Frag apresentam ecossistemas mais íntegros em comparação à área de restauração por plantio direto (RP), visto que que essa área em relação aos outros sítios de estudo amostrados, também apresentou uma menor abundância e riqueza. Entretanto, para confirmar essa hipótese, seriam necessários estudos com maiores esforços amostrais.

A espécie que apresentou maior abundância no estudo (N=21) foi *Hamadryas februa*, representante da subfamília Biblidinae. Espécies do gênero *Hamadryas* geralmente são encontradas em áreas de mata menos conservadas, cuja presença pode estar relacionada a capoeiras ou áreas em estágios iniciais de regeneração, além de serem facilmente encontradas em ambientes urbanos (Arce, 2014). Dos três sítios de estudo, *H. februa* apresentou uma maior predominância em RP (N=9).

Em relação às borboletas nectarívoras, Pereira *et al.*, (2020), ao estudarem lepidópteros, também registraram a subfamília Danainae como a mais rica. A maior riqueza registrada de Danainae ocorreu no fragmento florestal (N=2), sendo essas espécies pertencentes à tribo Ithomiini, cujos representantes podem indicar heterogeneidade estrutural da vegetação, por serem sensíveis a fatores ambientais, como umidade e radiação solar, além de ocorrerem preferencialmente no sub-bosque e em áreas sombreadas (Arce, 2014). Além disso, de acordo com Pereira *et al.*, (2020), a ocorrência da espécie *Greta oto*, registrada no fragmento florestal aqui estudado, pode indicar condições ambientais favoráveis e boa qualidade do habitat.

No presente trabalho, observou-se maior abundância de borboletas frugívoras nas áreas estudadas, resultados compatíveis com estudos anteriores realizados por Pereira *et al.*, (2020) e Lima (2020), embora a riqueza de espécies tenha sido semelhante à de nectarívoras. Segundo Brown (1991), esse padrão é influenciado pelo método de amostragem, uma vez que as armadilhas do tipo Van Someren-Rydon (VSR), comumente utilizadas para frugívoras, apresentam maior eficiência ao permanecerem ativas por longos períodos. Em contrapartida, borboletas nectarívoras geralmente são capturadas por meio de redes entomológicas, dependentes do esforço do coletor, das condições climáticas e da atividade de voo das borboletas, resultando em menor eficiência amostral (Brown, 1991). Somado a isso, as frugívoras exploram recursos previsíveis no interior da floresta, como frutos fermentados, enquanto nectarívoras estão mais associadas a áreas abertas e são mais suscetíveis a fatores abióticos (Brown, 1991).

Embora remanescentes florestais estejam frequentemente associados ao isolamento genético e à redução da biodiversidade, esses ambientes ainda concentram significativa diversidade biológica e são fundamentais para estudos em biologia da conservação (Hoehne *et al.*, 2017). Os dados obtidos indicam que, mesmo após histórico de exploração, as áreas investigadas abrigam elevada diversidade de borboletas.

Conclusão

O presente estudo evidenciou que as áreas em recuperação ambiental e o fragmento florestal investigados, apresentaram uma elevada diversidade de exemplares de borboletas, observada em um curto período de tempo. Foram evidenciadas principalmente espécies generalistas nos três sítios de estudo amostrados, que podem indicar áreas intermediárias e/ou em estágios iniciais de recuperação.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Em menor representatividade, foram registradas espécies mais específicas a fatores ambientais, como umidade e radiação solar, geralmente associadas a vegetações mais densas ou sub-bosques.

A maioria das espécies pertence à guilda frugívora, enquanto a guilda nectarívora apresentou menor abundância. Contudo, a riqueza específica entre as guildas foi semelhante. Essas características espaciais e alimentares sugerem que as áreas oferecem recursos suficientes para a manutenção das comunidades de borboletas.

Referências

ARCE, Paulina Aparecida. **Borboletas como indicadores biológicos de qualidade do ar: um estudo nos parques urbanos da cidade de Osasco**. 2014.

BATISTA, Monayra Silva. **Borboletas Frugívoras como Bioindicadoras Frente ao Impacto da Mineração em Unidade de Conservação na Amazônia Brasileira**. 2022

BROWN, KEITH S. **Conservation of neotropical environments: insects as indicators. The conservation of insects and their habitats**, p. 349-404, 1991.

CEZAR, Kelve Franklimara Sousa. **Borboletas Nectarívoras (papilionoidea) do Bosque da Ciência do Inpa**. In: II Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq-PAIC/FAPEAM. 2013.

COMPIANI, Julio Valério. **Proposta de reabilitação de cava de extração de areia na margem do rio Paraíba do Sul**. 2022.

DA FONSECA, Léo Cordeiro de Mello. **Avifauna da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Campus urbanova**, São José dos Campos, SP. 2020

FURLANETTI, Paula Rachel Rotta. **A comunidade de borboletas frugívoras de áreas em processo de restauração, fragmentos de floresta estacional semidecidual e pastagens**. 2010.

HOEHNE, Letícia; LORINI, Lisete Maria; RIBEIRO, Caroline Da Silva. **Avaliação da diversidade de borboletas frugívoras em duas áreas de um fragmento florestal no município de Soledade/RS**. Caderno Pedagógico, v. 14, n. 1, 2017.

LEITE, Marcelo Zanetti. **Mineração de areia na várzea do Rio Paraíba do Sul: quadro atual e impactos socioambientais**. 2016

LIMA, Alysson dos Santos. **Levantamento da diversidade de borboletas em floresta ombrófila aberta em regeneração**. 2020.

OLIVEIRA, Isabela Freitas; BACCARO, Fabricio Beggiato. **Borboletas Frugívoras do Parna Mapinguari**. 2024

OLIVEIRA, Graziela Holanda de. **Caracterização e diversidade da fauna de borboletas frugívoras (lepidoptera, nymphalidae) em floresta estacional semidecidual da reserva biológica guaribas no litoral norte da Paraíba**. 2024.

PEREIRA, Marcio; SOARES, Guilherme Alexandre. **Levantamento da fauna de lepidópteros diurnos (lepidoptera) de um fragmento de Mata Atlântica na área central do município de São Roque (SP)**. Scientia, v. 9, n. 28, 2020.

TREVISAN, Deise Cristiane; DE BRITTO BASTOS, Eduardo Jorge; DE AQUINO-SILVA, Maria Regina. **Avaliação dos indicadores de desenvolvimento da vegetação em áreas em recuperação**. In: Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress. 2013. p. 239-243.