

LIA TORRES AMARAL

DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE AVES DISPERSORAS
DE SEMENTES EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL PÓS-
MINERAÇÃO

BELÉM

2021

LIA TORRES AMARAL

DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE AVES DISPERSORAS
EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL PÓS-MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientadora: Maria Aparecida Lopes, Ph.D. Instituto de Ciências Biológicas - UFPA

BELÉM

2021

LIA TORRES AMARAL

DIVERSIDADE TAXONÔMICA E FUNCIONAL DE AVES DISPERSORAS
EM ÁREAS DE REGENERAÇÃO NATURAL PÓS-MINERAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Colegiado do Curso de Bacharelado em Ciências
Biológicas, Modalidade Biologia da Universidade
Federal do Pará, como requisito parcial para a
obtenção do grau de Bacharel em Biologia.

Orientadora: Maria Aparecida Lopes, Ph.D.

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Co-orientadora: Dra. Grasiela Casas

Instituto de Ciências Biológicas – UFPA

Avaliador: Dra. Sara Miranda Almeida

Programa de Pós Graduação em Zoologia – UFPA/MPEG

Avaliador: Dr. José Leonardo Lima Magalhães

Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará

BELÉM

2021

Dedico este trabalho ao meu padrinho Eduardo Lauande,
ao meu avô, Manuel Barbosa do Amaral e à minha avó,
Beatriz Dantas do Amaral, que cuidam de mim
e me dão forças do plano espiritual.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer, mesmo sabendo que palavras não são suficientes, aos meus pais, Denise e Dário, que são o meu coração, minha casa, a maior inspiração para tudo que eu faço, em especial para o amor a floresta, a ciência, ao estudo, a natureza, vocês são o maior exemplo de pessoas que amam o que fazem.

Gostaria de fazer também um agradecimento especial ao meu irmão, Calil, que em todo esse processo de vida acadêmica não soltou minha mão e se tornou um guia, um exemplo e sem dúvidas um co-orientador. Obrigada por vir no meio da tarde ver se eu queria ajuda, se eu já tinha feito a ANOVA, se eu já tinha decidido como discutir aquela análise, se já tinha reunido com as minhas orientadoras. O teu afeto nesses momentos tornou tudo muito mais fácil.

A todos os meus familiares que sem sombra de dúvida são minha fonte inesgotável de amor. Tios, tias, avós, primos, primas, padrinhos, todos que estão e estiveram comigo ao longo da minha vida inteira, aos que estão aqui e aos que já foram, sinto o cuidado de vocês comigo mesmo de longe (talvez nem tão longe assim).

Aos meus amigos Rafaela, Letícia, Luiz, Beatriz, Lucas, Larissa e Mateus, obrigada por serem meu refúgio e minha alegria, muitos de vocês estão comigo desde a sétima série e apesar da pandemia, vocês sempre estiveram presentes e conseguiam com maestria tirar o peso dos momentos difíceis, obrigada por tudo.

A todos os meus amigos da Polipanelinha, Beatriz, Marcell, Luane, Rayssa, Maxcynne, Geraldo, Matheus e Jhennifer que fizeram esse curso ser ainda mais incrível, e essa experiência muito mais recompensadora, quero levar vocês para além dos quatro anos (e meio) de graduação. Vocês são demais, obrigada por isso.

Um adendo especial a duas pessoas, Luiz e Luane, que escutavam sempre meu socorro em meio a tantas análises estatísticas, planejamentos e slides e me mostraram que as vezes só precisava apertar uma tecla diferente, obrigada por terem sido meu bote salva-vidas.

Gostaria de agradecer também a algumas professoras/amigas que tornaram a experiência do curso muito mais rica, acolhedora, interessante e incrível. Greice, Ana Aguiar, Roberta Valente, Kita, obrigada por tudo que vocês fazem por nós! A presença de vocês nessa universidade faz toda a diferença.

A minha orientadora Cida, que foi a primeira pessoa a me acolher como bolsista PIBIC, e vem desde o primeiro ano de curso me ensinando muito sobre força, esforço, dedicação e entrega, obrigada por andar comigo até aqui.

A minha co-orientadora Grasi, obrigada por ter me ajudado a ver as coisas com tanta calma, olhar para os desafios como possibilidades e sempre me encorajar por todo o caminho até aqui. Se não estivesses do meu lado esse caminho seria muito mais tortuoso.

Por fim, meu agradecimento ao Museu Paraense Emílio Goeldi, ao Laboratório de Ecologia e Zoologia de Vertebrados e a Universidade Federal do Pará por permitirem que eu realizasse esse sonho.

SUMÁRIO

Lista de figuras e tabelas.....	I
Resumo.....	II
Abstract.....	III
1- Introdução.....	12
2- Material e métodos.....	15
Área de estudo.....	15
Coleta de dados.....	16
Análise de dados.....	19
3- Resultados.....	21
4- Discussão.....	26
5- Conclusão.....	30
6- Referências bibliográficas.....	31

Lista de Figuras e Tabelas

- Figura 1:** Mapa de localização das áreas da empresa Mineração Paragominas S.A., no município de Paragominas-PA, com destaque para as áreas em regeneração natural (RN) e os fragmentos florestais remanescentes (FF). Fonte: Gerência do Meio Ambiente (Gamas), HYDRO.....16
- Figura 2:** a) *Coereba flaveola* na rede de neblina, em área de restauração ecológica por regeneração natural. b) *Willisornis vidua* na rede de neblina, em remanescente florestal. Ambas na propriedade da empresa Mineração Paragominas S.A., no município de Paragominas-PA
Fotos: Raphael Nunes.....17
- Tabela 1:** Características funcionais selecionadas para as espécies de aves.....18
- Tabela 2:** Lista de espécies de aves potencialmente dispersoras registradas nos fragmentos florestais e nas áreas em restauração por regeneração natural na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA.....21
- Tabela 3:** Comparação entre as áreas de regeneração natural (RN - tratamento) e fragmentos florestais (FF - controle) quanto as espécies de aves potenciais dispersoras de sementes coletadas no município de Paragominas, na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA.....23
- Figura 3:** Composição das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque nas áreas de regeneração natural (RN; n = 9) e nos fragmentos florestais (FF; n = 9) em áreas da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA. As siglas das espécies de aves se encontram na Tabela 2.....23
- Figura 4:** Comparação da dieta das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque mais frequentes entre as áreas de regeneração natural (RN) e fragmentos florestais (FF) na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA.....24
- Figura 5:** Comparação da diversidade funcional das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque entre as áreas de regeneração natural (RN) e fragmentos florestais

(FF) na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA.....25

RESUMO

Distúrbios antropogênicos em habitats naturais podem levar a alterações ecossistêmicas complexas e até à perda de biodiversidade. Frente a tais modificações, a restauração dos ecossistemas é fundamental para auxiliar o reestabelecimento da comunidade e dos níveis de diversidade anteriores a perturbação. A dispersão de sementes é uma das funções ecológicas que pode contribuir grandemente para a sucessão florestal, e as aves são importantes agentes dispersores pois podem permitir a entrada de sementes em fragmentos degradados de regiões tropicais. Logo, este trabalho tem como objetivo avaliar a diversidade taxonômica e funcional de aves potencialmente dispersoras de sub-bosque em área de regeneração natural pós-mineração. Os dados foram coletados no município de Paragominas, nas áreas de regeneração natural (RN) e nos fragmentos florestais (FF) da empresa Mineração Paragominas SA. Foram instaladas redes de neblina no sub-bosque de nove áreas de RN e de FF (totalizando 18 áreas), que capturaram 431 indivíduos de 40 espécies de aves potencialmente dispersoras. Os resultados mostraram que a composição de espécies diferiu entre os dois ambientes, sendo que os fragmentos de floresta abrigaram espécies com dietas mais especialistas, o que pode ser atribuído à estratificação do ambiente, e as áreas em regeneração natural espécies com dieta mais generalista. Embora a composição de espécies tenha diferido entre os ambientes, não foram observadas diferenças na diversidade taxonômica, isso pode mascarar um turnover das espécies especialistas para as generalistas que se adaptam melhor ao ambiente, ou uma influência do esforço amostral. As áreas de regeneração natural tiveram uma diversidade funcional e riqueza de espécies maior do que as de floresta, e isso pode estar ligado ao fato de que a vegetação de uma floresta secundária pode fornecer recursos importantes como sítios de nidificação, forrageio e abrigo, o que tende a atrair grande variedade de táxons. Os resultados destacam como diferentes medidas de diversidade podem apresentar diferentes respostas às mudanças no ambiente, o que enfatiza a importância de considerar múltiplos aspectos ao analisar a biodiversidade. Além disso, ressalta a importância de florestas em processo de regeneração, uma vez que elas podem tornar-se ainda mais importantes no futuro, como formas de salvaguardar a existência de espécies em algumas regiões.

PALAVRAS-CHAVE: atributos funcionais; avifauna; biodiversidade; dispersão; regeneração natural.

ABSTRACT

Anthropogenic disturbances in natural habitats can lead to complex ecosystem changes and even loss of biodiversity. Faced with such changes, the restoration of ecosystems is essential to help reestablish the community and the levels of diversity prior to disturbance. Seed dispersal is one of the ecological functions that can greatly contribute to forest succession, and birds are important dispersing agents as they can allow the entry of seeds into degraded fragments of tropical regions. Therefore, this work aims to evaluate the taxonomic and functional diversity of potentially dispersing understory birds in an area of natural post-mining regeneration. Data were collected in the municipality of Paragominas, in the natural regeneration areas (RN) and in the forest fragments (FF) of the company Mineração Paragominas SA. Mist nets were placed in the understory of nine areas of RN and FF, which captured 40 potentially dispersing bird species. The results showed that the species composition differed, and forest fragments had more diet specialist species, probably due to the stratification of the environment, while areas in natural regeneration having more generalist species. The taxonomic diversity did not diverge between areas, but this may mask a turnover from specialist to generalist species that adapt better to the environment, or an influence of the sampling effort. The natural regeneration areas had a greater functional diversity and species richness than the forest, and this may be linked to the fact that the vegetation of a secondary forest can provide important resources for nesting, foraging and protection for birds, which tends to attract wide variety of taxa. The results highlight how different measures of diversity can present different responses of birds to changes in the environment, which emphasizes the importance of considering multiple aspects when analyzing biodiversity. Furthermore, it emphasizes the importance of forests in the process of regeneration, as they may become even more important in the future, as ways of safeguarding the existence of species in some regions.

KEYWORDS: avifauna; biodiversity; dispersal; functional attribute; natural regeneration

INTRODUÇÃO

Distúrbios antropogênicos em habitats naturais podem levar, em larga escala, a alterações complexas da biodiversidade e, conseqüentemente, dos serviços ecossistêmicos prestados por ela (Montoya *et al.*, 2012). Como dito por Costanza *et al.* (1997), serviços ecossistêmicos são propriedades de habitat ou processos do ecossistema que representam benefícios diretos ou indiretos a população humana, como exemplo a dispersão de sementes e a polinização. Dentre os distúrbios antrópicos, podemos citar cinco dos principais causadores da modificação de habitats: mudança no uso da terra; extração de madeira; caça e defaunação; mudanças atmosféricas; e mudanças climáticas (Wright, 2010). Frente a tais modificações, a restauração dos ecossistemas é fundamental para auxiliar o reestabelecimento da comunidade e dos níveis de diversidade anteriores à perturbação. Ecólogos de restauração ressaltam a importância não só da restauração abiótica como também da restauração das interações ecológicas e dinâmicas da comunidade que resultam em serviços ecossistêmicos, permitindo a reconstrução e manutenção do ecossistema em longo prazo (Silva *et al.*, 2015).

Em áreas pós-mineração, os obstáculos para a regeneração natural são ainda maiores porque a mineração cria um ambiente diferente, que pode não reproduzir os mesmos recursos ou funções das condições de pré-mineração (Suhartoyo *et al.*, 2012). Entre outros fatores, isso acontece porque durante a atividade minerária ocorre a remoção da primeira camada do solo, que geralmente abriga restos de raízes e um banco de sementes (Parrotta *et al.*, 1997). Mas com o tempo e sem a perturbação antropogênica, processos de sucessão natural podem conseguir restaurar atributos da floresta inicial a esses ecossistemas degradados (DeWalt *et al.*, 2003).

A dispersão de sementes é uma das funções ecológicas que afetam um grande número de espécies, especialmente se considerarmos sua importância para a sucessão tardia de árvores tropicais (Sekercioglu, 2006). De acordo com Jordano *et al.* (2007), uma série de agentes bióticos e abióticos podem contribuir para uma dispersão bem sucedida. A interação de cada agente dispersor com as sementes tem aspectos particulares que podem afetar a efetividade do dispersor, como o tipo de sementes ingeridas, se danifica a semente, o quão longe pode dispersar, entre outras particularidades de cada um. Em muitas comunidades de plantas, a zoocoria (dispersão de sementes por animais) é um dos meios mais importantes de disseminação de propágulos, e em alguns locais mais da metade das espécies de árvores têm suas sementes dispersas por animais (Wunderle, 1997). Logo, estudar a dispersão de sementes é entender a contribuição do dispersor

para a reprodução futura de diversas plantas (Schupp, 1993), e no caso do presente estudo, de toda a comunidade que está se reestruturando.

As aves são importantes agentes ecológicos na recuperação e manutenção de ecossistemas, podendo inclusive favorecer a entrada de sementes em fragmentos de habitat nativo degradados, representando um estímulo para a recuperação da vegetação local (Garcia *et al.*, 2010). Além de serem fundamentais para alguns serviços ecossistêmicos, aves são excelentes indicadoras das consequências ecológicas de perturbações, porque sua ecologia é relativamente bem conhecida e apresentam uma ampla gama de respostas interespecíficas aos impactos humanos no espaço e tempo (Moura *et al.*, 2013; Dario, 2017).

Estudar o funcionamento dos ecossistemas permanece sendo um grande desafio, devido à grande complexidade das interações ecológicas, tornando-se quase impossível abranger a biodiversidade em toda a sua extensão (Vandewalle *et al.*, 2010). Estudos clássicos sobre diversidade taxonômica, incluindo a riqueza de espécies, são imprescindíveis, mas podem ser insuficientes para demonstrar as interações nos ecossistemas e as diferenças entre as espécies e populações (Mouchet *et al.*, 2010). Isso ocorre porque nem todas as espécies contribuem igualmente para o funcionamento de um ecossistema, sendo algumas funcionalmente mais importantes que outras (Montoya *et al.*, 2012). Logo, a perda de espécies com funções únicas gera um impacto ecológico maior do que à perda de espécies funcionalmente similares (redundância funcional) (Luck *et al.*, 2013).

Atributos funcionais são características dos organismos (morfológicas, fisiológicas ou ecológicas e comportamentais) relacionadas com a aptidão ao ambiente e que podem estar direta ou indiretamente relacionados a processos ecossistêmicos (Vandewalle *et al.*, 2010). A diversidade funcional é um parâmetro que leva em consideração as diferenças funcionais entre as espécies de uma comunidade, ou seja, a variação desses atributos (Tilman *et al.*, 1997). E como dito por Díaz & Cabido (2001), é tanto uma variável que responde ao ambiente, quanto um fator que influencia no funcionamento desse ecossistema.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a diversidade taxonômica e funcional de aves de sub-bosque potencialmente dispersoras de sementes em área de regeneração natural pós-mineração. Mais especificamente, avaliar as diferenças de composição e riqueza de espécies, diversidade taxonômica, bem como da diversidade funcional entre áreas de regeneração natural (RN) pós-mineração e fragmentos florestais remanescentes (FF) na região de Paragominas, nordeste do estado do Pará.

As hipóteses são que a composição de espécies entre as áreas de RN e FF irá divergir, e que a riqueza de espécies, diversidade taxonômica e funcional serão maiores nos fragmentos florestais, devido à forte correlação de comunidades de aves com a complexidade de composição da flora (Chettri *et al.*, 2005).

MATERIAL E METÓDOS

ÁREA DE ESTUDO

Esse trabalho está associado ao projeto intitulado “Como as interações ecológicas são influenciadas pelas atividades mineradoras e seus esforços de restauração ambiental pós-exploração no município de Paragominas, área degradada da floresta amazônica brasileira” realizado pelo Consórcio de Pesquisa em Biodiversidade (BRC) em parceria com a Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e Universidade de Oslo e financiado pelo grupo Hydro-Alunorte Paragominas.

O projeto é desenvolvido na propriedade da empresa mineradora Mineração Paragominas SA (MPSA), do grupo Norsk Hydro Brasil LTDA, no município de Paragominas, nordeste do Pará, onde a principal atividade é a extração de bauxita (HYDRO, 2018). O objetivo principal do projeto é analisar como as interações ecológicas (polinização, herbivoria e dispersão) são influenciadas pelas atividades mineradoras e seus esforços de restauração ambiental pós exploração. Dentre os objetivos do subprojeto de dispersão de sementes, está o de analisar qualitativa e quantitativamente a rede de dispersão de sementes na área de restauração ambiental alterada pela mineradora.

Em 2006, a empresa mineradora estabeleceu o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD). Nas áreas mineradas, são aplicadas três técnicas de recuperação: regeneração natural, plantio tradicional e nucleação. Até 2017, a mineradora possuía uma área total em processo de recuperação de 1.872,37 ha, dos quais 545,25 ha (29,0%) foram destinados à regeneração natural (HYDRO, 2018).

A recuperação por regeneração natural ocorre através do reestabelecimento espontâneo de espécies vegetais e animais pós-distúrbio (Chazdon & Guariguata, 2016), incluindo também organismos presentes (incluindo sementes) nas camadas de *topsoil* depositado após a reconformação do terreno minerado. Neste tratamento, a empresa não realizou nenhum tipo de tratamento químico (e.g. adubação) ou biológico (e.g. adição de sementes, etc.). Tal método pode ser mais vantajoso economicamente comparado aos que realizam plantio de árvores, por exemplo, e pode potencialmente ser aplicado em grandes áreas (Chazdon & Guariguata, 2016).

Os dados da comunidade de aves foram coletados no âmbito do subprojeto de dispersão de sementes. A pesquisa foi conduzida em dois tipos de habitat: áreas de restauração por regeneração

natural (RN) e fragmentos florestais remanescentes (FF). Os fragmentos florestais servem de referência (controle) para a avaliação da restauração via regeneração natural de áreas degradadas pela atividade de mineração (tratamento). A amostragem foi realizada em nove áreas do PRAD – Regeneração Natural (sete áreas com seis anos desde o final da extração do minério e início do processo de restauração, e duas áreas com oito anos) e nove áreas em fragmentos florestais remanescentes (Figura 1).



Figura 1: Mapa de localização das áreas da empresa Mineração Paragominas S.A., no município de Paragominas-PA, com destaque para as áreas em regeneração natural (RN) e os fragmentos florestais remanescentes (FF). Fonte: Gerência do Meio Ambiente (Gamas), HYDRO.

COLETA DE DADOS

Foram estabelecidos 18 pontos de amostragem (nove em fragmentos florestais e nove em áreas de regeneração natural). Em cada ponto, as aves foram amostradas com o uso de redes de neblina (12 metros de comprimento e 3 metros de altura) dispostas ao longo de uma transecção de 250 metros, sendo a distância mínima entre as transecções de 750 metros. Foram realizadas cinco

amostragens de campo, duas durante a estação seca (outubro de 2018 e setembro de 2019) e três na estação chuvosa (fevereiro e maio de 2019, e fevereiro de 2020).

Os dados foram coletados durante um dia por ponto de amostragem utilizando-se dez redes de neblina abertas das 6h às 10h para a captura de aves (Figura 2). As redes foram posicionadas em pares (cinco pares) com espaçamento de 50m entre eles. As aves capturadas eram mantidas por aproximadamente 20 minutos dentro de um saco de algodão para a obtenção de fezes e eventuais sementes ingeridas. Todas as aves foram soltas no mesmo local onde foram capturadas.

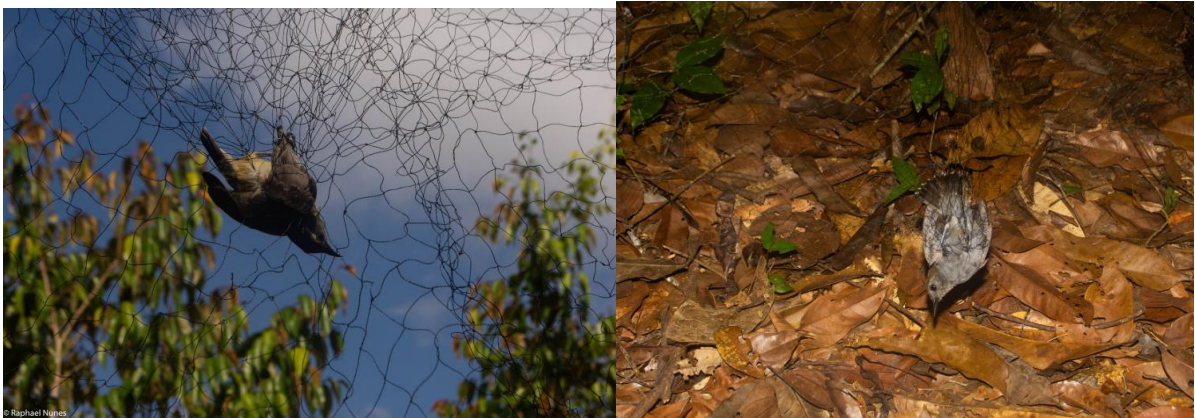


Figura 2: a) *Coereba flaveola* na rede de neblina, em área de restauração ecológica por regeneração natural. b) *Willisornis vidua* na rede de neblina, em remanescente florestal. Ambas na propriedade da empresa Mineração Paragominas S.A., no município de Paragominas-PA Fotos: Raphael Nunes.

Diversas referências foram consultadas para a seleção das espécies potencialmente dispersoras de sementes (Snow & Snow, 1971; Leck, 1972; Howe, 1977; Ricklefs, 1977; Poulin *et al.*, 1994; Silva, 1996; Chesser & Levey, 1998; Silva, 1999; Pérez *et al.*, 2001; Silveira & Pinto, 2004; Pacheco & Olmos, 2005; Arteaga *et al.*, 2006; Barlow *et al.*, 2007; Magalhães, *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008; Martins & Macedo, 2009; Quilarque *et al.*, 2010; Villalobos & Bagno, 2011; Las-Casas *et al.*, 2012; Moura *et al.*, 2013; Nassar *et al.*, 2013; Silva & Melo, 2013; Moura, 2014; Sarmiento, *et al.*, 2014; Siqueira *et al.*, 2015; Greenlaw, 2017; Sabino *et al.*, 2017; Marceliano *et al.*, 2020). Foram buscados artigos que classificassem as espécies como frugívoras, ou que atestavam a ingestão de frutas ou sementes, mesmo que em baixas frequências, pois estas também poderiam agir como eventuais dispersoras.

Os valores dos atributos morfológicos (Comprimento, altura e largura do bico, e tarso) foram cedidos por Barros (2018) e os outros dados de atributos funcionais (Massa corporal, e as categorias dieta e ambiente de forrageio) constam em Wilman et al. (2014). Para a escolha dos atributos funcionais, priorizou-se atributos mais relevantes como resposta a mudanças ambientais e que podem influenciar na prestação de serviços ecossistêmicos, além de considerar a disponibilidade de dados (Luck *et al.*, 2012). No estudo de Lavorel & Garnier (2002) é dito que atributos de resposta são identificados como mudanças em características morfológicas ou comportamentais em resposta a alterações bióticas ou abióticas, como exemplo, a massa corporal que pode estar relacionada ao tipo de área que a ave habita.

Foram utilizados quinze atributos funcionais (Tabela 1), baseados em particularidades das espécies que buscam representar como essas espécies usam o ambiente, sua função ecológica e como competem pelos seus recursos, gerando consequentes serviços ecossistêmicos (Sekercioglu, 2006).

Tabela 1: Características funcionais selecionadas para as espécies de aves. Dados obtidos de Wilman *et al.* (2014) e Barros (2018).

Categoria	Característica funcional	Tipo de dado
Morfologia	01. Massa Corporal (g)	Contínuo
	02. Comprimento do bico (mm)	Contínuo
	03. Altura do bico (mm)	Contínuo
	04. Largura do bico (mm)	Contínuo
	05. Tarso (mm)	Contínuo
Dieta	06. Frutas	Porcentagem
	07. Néctar	Porcentagem
	08. Sementes	Porcentagem
	09. Invertebrados	Porcentagem
Ambiente de forrageio	10. Água	Porcentagem
	11. Solo	Porcentagem
	12. Sub-bosque < 2m	Porcentagem
	13. Estrato médio > 2m (abaixo do dossel)	Porcentagem
	14. Dossel	Porcentagem
	15. Ar	Porcentagem

Como relatado por Luck *et al.* (2012) e Casas (2015), os atributos escolhidos podem estar relacionados aos seguintes fatores: i) Massa corporal - relaciona-se fortemente com uma série de

outras características em aves, incluindo taxa metabólica, comportamento de forrageio, longevidade e tamanho da área de vida; ii) morfologia do bico (altura, comprimento e largura) - influencia a eficácia da polinização, o manuseio de frutas e sementes e o tipo e a localização dos alimentos consumidos; iii) tarso - pode influenciar o comportamento de forrageio e, portanto, serviços como regulação de pragas e ciclagem de nutrientes; iv) dieta - influencia todos os aspectos do comportamento de forrageio; v) ambiente de forrageio – representa o local onde as aves realizam a busca por alimento.

A medição dos atributos morfológicos foi realizada por Barros (2018) em três espécimes de cada espécie, que ocorreram na mesma região que os nossos estudos, com o uso de um paquímetro digital com precisão de 0,1 mm. Os espécimes mensurados são procedentes de regiões próximas ao município de Paragominas e estão depositados na coleção ornitológica do Museu Paraense Emílio Goeldi, em Belém, Pará.

ANÁLISE DE DADOS

Os testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade (teste de Levene) dos dados de diversidade taxonômica, riqueza de espécies e diversidade funcional foram aplicados, de acordo com os pressupostos, para a utilização de análises paramétricas, tendo como base um nível de significância de 0,05 (Ahad *et al.*, 2011).

Na matriz das espécies de aves pelos pontos de amostragem, utilizadas nas análises a seguir, foi utilizada a densidade de capturas como *proxy* de abundância, já que o mesmo indivíduo pode ter sido capturado mais de uma vez (indivíduos registrados não foram anilhados):

$$\text{Densidade de captura} = \frac{\text{número de vezes que a espécie } x \text{ foi capturada no sítio } y}{\text{número total de capturas no sítio } y}$$

Para avaliar a diferença na composição de espécies entre áreas de regeneração natural e em fragmento florestal, foi feita uma análise de variância multivariada (PERMANOVA) (French *et al.*, 2008). A representação gráfica do padrão de frequência das espécies de aves na área do estudo foi realizada através de uma análise de coordenadas principais (PCoA), com a mesma matriz utilizada para a PERMANOVA.

Devido as redes de neblina nas áreas em regeneração terem capturado um número de indivíduos maior em comparação aos fragmentos de floresta, foi utilizado o Chao 1 para calcular a riqueza de espécies estimada para as áreas (Chao 1984, Colwell & Coddington, 1994). A partir disso, uma ANOVA para comparar tanto a riqueza observada quanto a riqueza estimada entre as

áreas foi realizada. A diversidade taxonômica da comunidade de aves potencialmente dispersora foi calculada utilizando o índice de Simpson (Simpson, 1949; Magurran & McGill, 2011).

A diversidade funcional (FD) foi estimada a partir do cálculo do índice de diversidade funcional de Petchey & Gaston (2002). Para comparar as diferenças na diversidade taxonômica e funcional entre os ambientes de regeneração natural e fragmentos de floresta, foi utilizada ANOVA (Tabachnick & Fidell, 2020). Todos os testes foram feitos no software R versão 4.0.4 (R Development Core Team, 2021).

RESULTADOS

De um total de 104 espécies de aves registradas nas redes de neblina, 49 espécies foram classificadas como potenciais dispersoras de sementes, representando 47,11% do total de capturas. Para este trabalho, somente 40 espécies foram consideradas (Tabela 2) devido à falta de informações sobre atributos funcionais de nove espécies. Foram capturados 431 indivíduos das 40 espécies de aves potencialmente dispersoras.

Tabela 2: Lista de espécies de aves potencialmente dispersoras registradas nos fragmentos florestais e nas áreas em restauração por regeneração natural na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA.

Nome da espécie	Sigla	Regeneração natural	Fragmento florestal
COLUMBIFORMES			
Columbidae			
<i>Columbina passerina</i>	Copa	X	
<i>Columbina talpacoti</i>	Cota	X	X
<i>Geotrygon montana</i>	Gemo		X
TROGONIFORMES			
Trogonidae			
<i>Trogon rufus</i>	Trru	X	
CORACIIFORMES			
Momotidae			
<i>Momotus momota</i>	Momo		X
PICIFORMES			
Picidae			
<i>Veniliornis affinis</i>	Veaf		X
PASSERIFORMES			
Thamnophilidae			
<i>Formicivora grisea</i>	Fogr	X	X
Dendrocolaptidae			
<i>Xiphorhynchus spixii</i>	Xisp		X
Furnaridae			
<i>Synallaxis rutilans</i>	Syru		X
Pipridae			
<i>Ceratopipra rubrocapilla</i>	Ceru		X
<i>Lepidothrix iris</i>	Leir		X
<i>Dixiphia pipra</i>	Dipi		X
Tityridae			
<i>Schiffornis turdina</i>	Sctu		X
Rynchocyclidae			
<i>Mionectes oleagineus</i>	Miol	X	X

Nome da espécie	Sigla	Regeneração natural	Fragmento florestal
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Tofl	X	X
Tyrannidae			
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Caob	X	X
<i>Elaenia flavogaster</i>	Elfl	X	
<i>Elaenia cristata</i>	Elcr	X	
<i>Myiopagis gaimardii</i>	Myga	X	
<i>Attila spadiceus</i>	Atsp		X
<i>Legatus leucophaeus</i>	Lele	X	
<i>Myiarchus ferox</i>	Myfe	X	
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pisu	X	
<i>Myiozetetes similis</i>	Mysi	X	
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tyme	X	
<i>Empidonomus varius</i>	Emva	X	X
<i>Myiophobus fasciatus</i>	Myfa	X	X
PASSERI			
Vireonidae			
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Cygu	X	
Turdidae			
<i>Turdus leucomelas</i>	Tule	X	
Passerilidae			
<i>Ammodramus humeralis</i>	Amhu	X	X
<i>Arremon taciturnus</i>	Arta		X
Thraupidae			
<i>Schistochlamys melanopsis</i>	Scme	X	
<i>Tangara episcopus</i>	Taep	X	
<i>Volatinia jacarina</i>	Voja	X	X
<i>Tachyphonus rufus</i>	Taru	X	
<i>Ramphocelus carbo</i>	Raca	X	X
<i>Coereba flaveola</i>	Cofl	X	X
<i>Sporophila americana</i>	Spam	X	
<i>Sporophila nigricollis</i>	Spni	X	
<i>Sporophila angolensis</i>	Span	X	

A ANOVA com a riqueza de espécies observada e a estimada pelo Chao 1, revelou que as áreas diferem significativamente ($p = 0,0142$ e $p = 0,01$ respectivamente), e a riqueza foi maior em áreas em regeneração (Tabela 3). A ANOVA revelou que a diversidade taxonômica das áreas não foi estatisticamente significativa ($p = 0,0739$; $RN = 0,8072$; $FF = 0,5844$).

Tabela 3: Comparação entre as áreas de regeneração natural (RN - tratamento) e fragmentos florestais (FF - controle) quanto as espécies de aves potenciais dispersoras de sementes coletadas no município de Paragominas, na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA.

Parâmetro	Quantidade por tipo de habitat		Número de táxons compartilhados entre habitats entre as áreas
	RN	FF	
Número de capturas	362	69	
Número de espécies	29	22	11
Número de famílias	9	12	6

A análise de variância multivariada (PERMANOVA) mostrou que a composição de espécies das áreas de Regeneração Natural (RN) diferiu dos fragmentos florestais (FF) ($p = 0,001$; Figura 3). A maioria das espécies que ocorrem nas áreas de RN não ocorrem nos FF (62,06%), exceto por alguns sítios mais similares em composição (Tabela 3 e Figura 3). O eixo 1 da PCoA representa a distinção das áreas de fragmentos florestais das de regeneração natural em relação a composição da avifauna potencial dispersora.

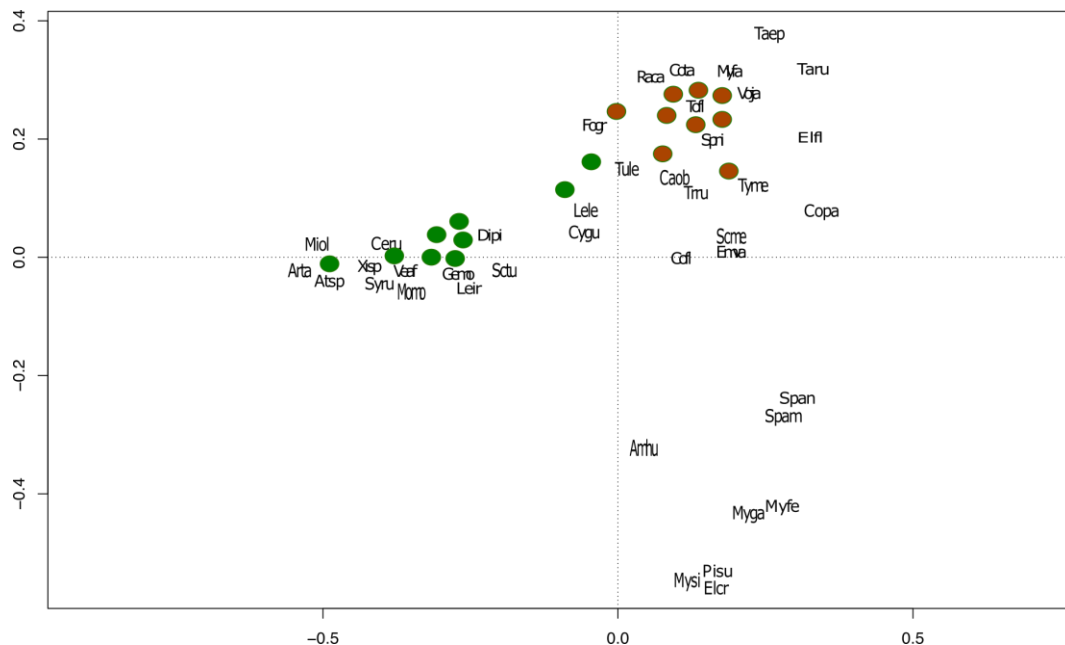


Figura 3: Composição das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque nas áreas de regeneração natural (cor marrom; $n = 9$) e nos fragmentos florestais (cor verde; $n = 9$) em áreas da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA. As siglas das espécies de aves se encontram na Tabela 2.

As famílias Momotidae, Picidae, Dendrocolaptidae, Furnaridae, Pipridae e Tityridae foram exclusivas dos fragmentos florestais e as famílias Trogonidae, Vireonidae e Turdidae foram exclusivas das áreas em regeneração natural. As famílias Columbidae, Thamnophilidae, Rynchocyclidae, Tyrannidae, Passerellidae e Thraupidae ocorreram em ambos os ambientes. Nas

áreas em regeneração natural, a família mais frequente foi Thraupidae (168 capturas, 9 espécies), a família com maior diversidade de espécies foi Tyrannidae (67 capturas, 12 espécies) e nos fragmentos florestais, a família mais frequente foi Pipridae (27 capturas, 3 espécies) e a família mais rica em espécies foi Tyrannidae (8 capturas, 4 espécies).

As nove espécies potenciais dispersoras que não foram analisadas por falta de dados dos atributos, são: *Cyanoloxia rothschildii*, *Dysithamnus mentalis*, *Manacus manacus*, *Myiarchus tuberculifer*, *Periporphyrus erythromelas*, *Pipra fasciicauda*, *Poecilatriccus sylvia*, *Pteroglossus inscriptus* e *Saltator maximus*.

As duas espécies mais frequentes nas áreas de regeneração natural foram: *Ramphocelus carbo* (24,6% das ocorrências em RN) e *Columbina talpacoti* (20,7% das ocorrências em RN), sendo a primeira onívora, se alimentando principalmente de insetos e frutas, e a segunda principalmente granívora, mas ocasionalmente se alimentando de frutas (Barlow *et al.*, 2007; Las-Casas *et al.*, 2012; Nassar *et al.*, 2013). Nos fragmentos florestais a espécie mais frequente foi *Dixiphia pipra* (26,1% das ocorrências em FF), classificada como frugívora arbórea (Barlow *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2008). Analisando as espécies mais frequentes de cada tipo de área, 60% das frequentes em áreas em regeneração tem dieta onívora e 60% das frequentes em fragmentos florestais são frugívoras/insetívoras (Figura 4). As espécies que mais foram registradas nos fragmentos florestais possuíam uma amplitude de dieta maior, com dietas mais especializadas em um item alimentar, sendo que nas áreas em regeneração, a maioria das espécies mais frequentes tem dieta mais oportunista.

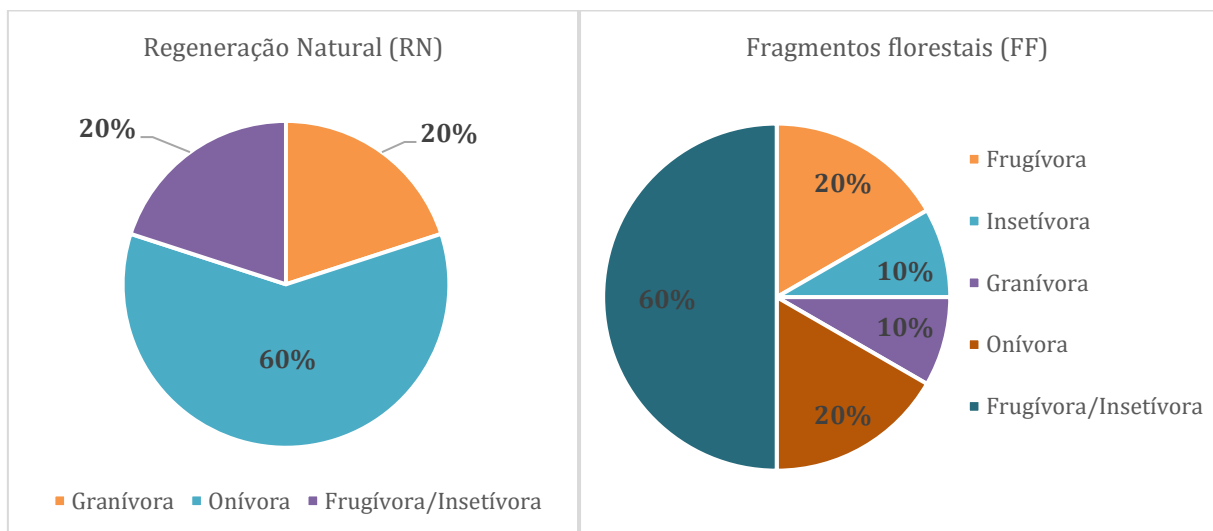


Figura 4: Comparação da dieta das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque mais frequentes entre as áreas de regeneração natural (RN) e fragmentos florestais (FF) na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA.

Em quinze das espécies consideradas como potenciais dispersoras, foi possível coletar fezes com sementes. *Tachyphonus rufus* foi a espécie encontrada com mais sementes nas fezes, em quatro áreas de RN, totalizando 377 sementes. Em seguida, *Columbina talpacoti* com 340 sementes em sete áreas de RN, e *Ramphocelus carbo* com 254 sementes em oito sítios de RN e um de FF. As espécies com ocorrência nos fragmentos florestais tiveram menos sementes nas fezes, sendo *Dixiphia pipra* a espécie com a maior quantidade, com 115 sementes em seis áreas de FF. É importante destacar a espécie *Saltator maximus* que não entrou nas análises por causa da falta de informações sobre seus atributos funcionais, apresentou 49 sementes nas fezes em dois sítios de RN.

A diversidade funcional diferiu significativamente entre os sítios de RN e FF de acordo com a análise de variância (ANOVA; $p = 0.00517$). As áreas de regeneração natural do PRAD tiveram uma diversidade funcional maior do que as de floresta (Figura 5).

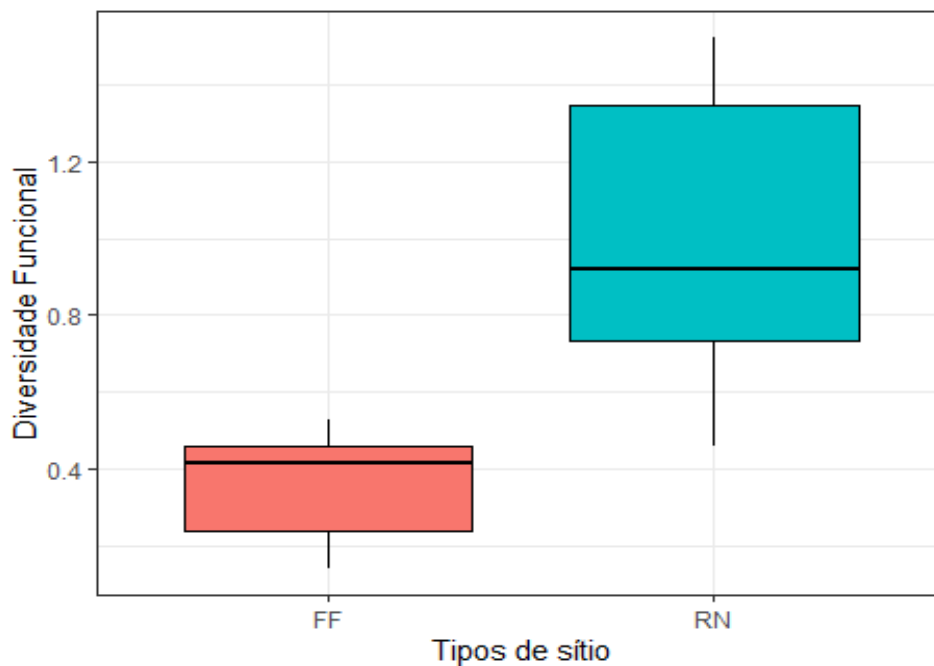


Figura 5: Comparação da diversidade funcional das espécies de aves potencialmente dispersoras do sub-bosque entre as áreas de regeneração natural (RN) e fragmentos florestais (FF) na propriedade da empresa Mineração Paragominas SA, no município de Paragominas-PA.

DISCUSSÃO

A hipótese deste trabalho implicava valores de riqueza de espécies, diversidade taxonômica e funcional maiores em áreas de floresta, porém os resultados mostraram, em geral, o oposto disso, revelando valores mais altos em áreas de regeneração natural, exceto pela diversidade taxonômica, que não diferiu significativamente. Além das espécies terem distribuições diferentes entre as áreas, elas têm diferenças morfológicas, fisiológicas e de forrageio que as separam, sendo que os resultados mostraram maior variação da diversidade funcional em áreas de regeneração natural.

As áreas de regeneração tiveram mais espécies generalistas e as espécies dos fragmentos florestais, dietas mais específicas (frugívoras especializadas, insetívoras etc.). É um resultado esperado, visto que florestas preservadas costumam permitir animais com nichos mais específicos devido a estratificação do ambiente, e áreas mais abertas tendem a ter espécies mais generalistas, que suportam mais facilmente ambientes em estágios iniciais de sucessão (Chettri *et al.*, 2005; Casas *et al.*, 2016).

A maioria das espécies que ocorreram em ambas as áreas são onívoras ou se alimentam de frutas e insetos, o que é algo importante para a dispersão de sementes, pois os indivíduos podem transitar entre os fragmentos florestais e as áreas em regeneração, aumentando a chance de dispersar espécies da floresta para as áreas em recuperação. O estudo de Carlo & Morales (2016) confirmou que aves que diversificam a dieta com frutas e insetos e forrageiam em habitats abertos e florestados podem desempenhar papéis fundamentais na regeneração de comunidades. Somado a isso, as espécies mais frequentes em ambas as áreas estão entre as espécies com mais sementes encontradas nas fezes, o que reforça a possibilidade de que são importantes dispersoras das áreas.

Espécies da família Thraupidae (a mais frequente em RN) são um dos principais componentes da avifauna neotropical, anteriormente reconhecidas como aves frugívoras e coloridas, mas que com o tempo e avanços filogenéticos, revelou-se um grupo ecologicamente diverso, com uma variedade grande de hábitos alimentares (Storer, 1970; Burns *et al.*, 2014; Burns *et al.*, 2016). Tyrannidae (maior diversidade de espécies em RN) é uma das maiores famílias de aves distribuídas em todo o Novo Mundo, mas são mais diversificadas nas regiões neotropicais. Apesar de serem conhecidas como papa-moscas e incluírem um grande número de espécies insetívoras, a família tem uma grande diversidade comportamental e ecológica, se alimentando também de frutas, artrópodes, entre outros itens (Birdsley, 2002; Ohlson *et al.*, 2008). Quanto a Pipridae, família mais frequente em FF, é composta principalmente por pequenos pássaros frugívoros,

distribuídos nas regiões neotropicais, que costumam habitar os estratos mais baixos das florestas (Snow, 2004).

É importante salientar que algumas das espécies que não foram consideradas nas análises, ocorreram nas áreas de RN e de FF e tem frutos como parte importante da dieta, o que favorece o trânsito de sementes entre as duas áreas e pode aumentar a riqueza de espécies florestais nas áreas de regeneração. Como exemplo, *Cyanoloxia rothschildii*, que tem dieta onívora, e costuma habitar florestas (Pedroza *et al.*, 2019; Guallar, *et al.*, 2021), *Pipra fasciicauda*, espécie frugívora, prefere os estratos médio e baixo de florestas densas (Rêgo *et al.*, 2007; Dario, 2017) e *Saltator maximus*, que é citada em artigos como onívora ou frugívora (Silva *et al.*, 1996; Dario, 2017).

Pteroglossus inscriptus (araçari-de-bico-riscado), que ocorreu somente nas áreas em regeneração natural, é uma espécie conhecida por habitar a copa das árvores, basicamente frugívoras, sendo por isso considerados importantes dispersores de sementes. Sua ocorrência em área de regeneração natural pode ser importante para dinâmica dessas comunidades sucessionais, podendo aumentar a riqueza de espécies florísticas nas áreas em regeneração (Höfling *et al.*, 2006; Patel *et al.*, 2011; Dario, 2017). Provavelmente esta espécie ocorre nos fragmentos florestais, visto que Lees *et al.* (2012) confirmou a ocorrência dela no município de Paragominas-PA e poderia ter sido capturada, se houvesse a adição de redes de dossel em FF, devido a área de ocorrência do animal. O mesmo se aplica a Trogonidae, Vireonidae e Turdidae que apareceram somente nas áreas em regeneração natural e são famílias que costumam ocorrer em áreas de floresta (Pizo, 2007; Keeler *et al.*, 2012; Mejías *et al.*, 2020;).

Diversos estudos mostram que quanto menor o impacto antropogênico, maior a riqueza de espécies (Gould, 2011; Ntongani & Andrew, 2013; Barros, 2018). Todavia, é importante considerar que mesmo comparando com outros estudos em florestas secundárias, isso varia em função da idade da floresta, do histórico do uso da terra, bem como das espécies animais em questão e da paisagem que as cercam (DeWalt *et al.*, 2003). Em um estudo feito no norte da Finlândia, Häkkilä *et al.* (2017) compararam áreas de floresta protegida e de florestas com perturbações antropogênicas por diversos usos da terra, e assim como neste trabalho, as métricas da floresta preservada tiveram uma relação positiva com o nível de especialização da comunidade (maior número de espécies especialistas) mas uma influência negativa na diversidade funcional. Cristescu *et al.* (2012) fez uma revisão de estudos sobre a restauração da fauna em áreas pós-mineração e concluiu que a riqueza de fauna foi maior em áreas preservadas em mais da metade

deles, mas que especificamente para aves, essa medida era frequentemente igual ou superior em áreas de regeneração.

No inventário da avifauna do município de Paragominas, realizado por Lees *et al.* (2012), foram citadas 440 espécies, destas somente 20,45% foram registradas com o uso de redes ornitológicas. Logo, é importante levar em consideração que a amostragem de espécies de aves só ocorreu no sub-bosque, devido a abrangência da altura (três metros) da rede de neblina. O presente estudo não forneceu uma amostra completa da avifauna da região, apenas uma amostra quantitativa das aves que usam esse estrato florestal (Blake & Loiselle, 1991).

A diversidade taxonômica não diferiu significativamente entre as áreas, mas em outros estudos costuma ser a métrica mais afetada pelas mudanças de uso da terra. Como visto por Bečik *et al.* (2020), em áreas onde ocorre fragmentação florestal, locais em que os ambientes fragmentados diminuem muito de tamanho, a diversidade taxonômica cai drasticamente. No estudo de Grass *et al.* (2015), a diversidade taxonômica foi diretamente proporcional ao aumento da perturbação antropogênica, porém, isso pode mascarar um *turnover* das espécies da comunidade, de especialistas para generalistas, como dito anteriormente.

Como dito por Hidasi-Neto *et al.* (2012), também é importante analisar a relação entre variáveis ambientais e diversidade funcional devido distúrbios antropogênicos ou naturais poderem afetar indiretamente a diversidade funcional por meio de modificações na estrutura da vegetação. Em um estudo feito na Tanzânia, áreas alteradas por distúrbios antropogênicos foram analisadas e os autores concluíram que a remoção de grandes árvores foi a causa principal da mudança na composição das aves da área (Seymour & Dean, 2010). Cerqueira *et al.* (Comunicação Pessoal) encontraram uma grande diferença na composição e na estrutura da vegetação nas áreas da empresa Mineração Paragominas SA, os pontos de amostragem de FF e RN apresentaram uma dissimilaridade em torno de 95%, o que pode explicar a composição das espécies de aves diferir tanto entre as áreas.

É importante levar em consideração que o número de capturas também influencia o número de táxons registrados, sendo que a riqueza de espécies mais alta em áreas de regeneração, por exemplo, pode estar ligado a esse número de indivíduos registrados ser tão diferente entre as áreas. Esse pode ter sido um dos motivos para a baixa riqueza de espécies nos fragmentos florestais, visto que o esperado era que florestas maduras, por apresentarem maior estratificação vertical, proporcionariam mais espaço de nicho e recursos que poderiam ser explorados por um número

maior de espécies (MacArthur & MacArthur, 1961; MacArthur *et al.*, 1962; Mason *et al.*, 2005; Barros, 2018;).

No estudo de Derlindati & Caziani (2005), foi realizada uma comparação de pontos de escuta e redes de neblina para detectar diferenças na composição de aves entre o dossel e o sub-bosque, e entre dois tipos de floresta (floresta antiga e floresta secundária) na floresta do Chaco, Argentina. O resultado mostrou que os pontos de escuta capturaram mais espécies do que as redes, mas que os dois métodos combinados detectaram 80% das espécies listadas para aquela área. Além disso ressaltam que a importância de coletar com a rede de neblina no dossel é justamente abranger mais um estrato da floresta. Também é possível comparar com o estudo de Barros (2018) que foi realizado nas mesmas áreas da empresa Mineradora Paragominas SA, utilizando o método de censo por pontos de escuta, e foram registradas 228 espécies de aves, 146 nas áreas de floresta e 80 nas áreas de regeneração natural, além de uma maior diversidade funcional e taxonômica nos remanescentes florestais.

Nesse caso em que as áreas de regeneração natural são mais ricas em espécies, com diversidade funcional maior e terem apresentado maior número de capturas do que fragmentos florestais, pode também estar ligado ao fato de que a vegetação de uma floresta secundária costuma fornecer recursos importantes para sítios de nidificação, forrageio e proteção, o que tende a atrair grande variedade de táxons (DeWalt *et al.*, 2003). Como foi visto, nas áreas em regeneração, havia a presença de espécies generalistas que só ocorreram em RN e de outras espécies florestais, que eventualmente também usam essas áreas, o que pode levar a um aumento na riqueza de espécies dessas áreas e até uma maior diversidade funcional. Isso pode ser algo benéfico para a regeneração natural, pois uma área funcionalmente diversa implica em maior amplitude de funções ecológicas realizadas pelas espécies (Tilman *et al.*, 1997; Sekercioglu, 2006), o que pode colaborar grandemente para as dinâmicas de dispersão de sementes e para o sucesso da restauração ecológica local.

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho destacam como diferentes medidas de diversidade podem apresentar diferentes respostas às mudanças no ambiente, o que enfatiza a importância de considerar múltiplos aspectos ao analisar a biodiversidade. As redes de neblina capturaram mais espécies em áreas de regeneração natural do que em remanescentes florestais e a composição de espécies entre os pontos de amostragem revelou que os fragmentos de floresta apresentam mais espécies frugívoras e insetívoras, e as espécies das áreas em regeneração tem dieta mais onívora, generalista. A diversidade taxonômica não diferiu entre as áreas e a diversidade funcional foi significativamente maior em áreas de regeneração. A causa disso pode estar ligada ao fato de que diversas espécies podem frequentar essas áreas em sucessão em busca de forrageio, sítios de nidificação, oferta de diferentes recursos alimentares, entre outros fatores. O uso do ponto de escuta e de redes de neblina também posicionadas em outros estratos dos ambientes, como redes de dossel, podem ser agregados a estudos futuros, trazendo uma amplitude de universo amostral maior e mais precisa para avaliar o sucesso da restauração ambiental em relação a comunidade de aves dispersoras. Levando em consideração os padrões atuais de modificações no uso da terra, e dos distúrbios causados pelo homem, florestas em processo de regeneração podem tornar-se ainda mais importantes no futuro, como formas de salvaguardar a existência de espécies em algumas regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHAD, N.A., YIN, T.S., OTHMAN, A.R., YAACOB, C.R. **Sensitivity of normality tests to non-normal data. Sains Malaysiana, 40(6): 637-641. 2011.**
- ARTEAGA, L.L., AGUIRRE, L.F., MOYA, M.I. **Seed rain produced by bats and birds in forest islands in a neotropical savanna. Biotropica, 38 (6): 718-724. 2006.**
- BARLOW, J., MESTRE, L.A.M., GARDNER, T.A., PERES, C.A. **The value of primary, secondary and plantation forests for Amazonian birds. Biol. Conserv. 2007. doi:10.1016/j.biocon.2006.11.021.**
- BARROS, F.C. **Diversidade taxonômica e funcional de comunidades de aves presentes em áreas de reflorestamento na Amazônia Oriental. Dissertação (Pós-graduação em Zoologia). Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 2018. 49p.**
- BELCIK, M., LENDA, M., AMANO, T., SKÓRKA, P. **Different response of the taxonomic, phylogenetic and functional diversity of birds to forest fragmentation. Sci Rep 10, 20320. 2020. H=<https://doi.org/10.1038/s41598-020-76917-2>.**
- BIRDSLEY, J.S. **Phylogeny of the tyrant flycatchers (Tyrannidae) based on morphology and behaviour. The Auk, 119 (3): 715-734. 2002.**
- BLAKE, J.G., LOISELLE, B.A. **Variation in resource abundance affects capture rates of birds in three lowland habitats in Costa Rica. The Auk, 108: 114-130. 1991.**
- BURNS, K.J., SHULTZ, A.J., TITLE, P.O., MASON, N.A., BARKER, F.K., KLICKA, J., LANYON, S.M., LOVETTE, I.J. **Phylogenetics and diversification of tanagers (Passeriformes: Thraupidae), the largest radiation of Neotropical songbirds. Molecular Phylogenetics and Evolution, 75: 41-77. 2014.**
- BURNS, K.J., UNITT, P., MASON, N.A. **A genus-level classification of the family Thraupidae (Class Aves: Order Passeriformes). Zootaxa 4088 (3): 329–354. 2016.**
- CARLO, T.A., MORALES, J.M. **Generalist birds promote tropical forest regeneration and increase plant diversity via rare-biased seed dispersal. Ecology, 97: 1919–1831. 2016.**
- CASAS, G., DARSKI, B., FERREIRA, P.M.A., KINDEL, A., MÜLLER, S.C. **Habitat structure influences the diversity, richness and composition of bird assemblages in successional Atlantic rain forests. Tropical Conservation Science, 9(1): 503-524. 2016.**

- CASAS, G. **Padrões de diversidade de aves e rede de interação mutualística ave-planta em mosaico floresta-campo**. Tese (Doutorado em Ecologia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2015. 132p.
- CHAO, A. **Nonparametric estimation of the number of classes in a population**. *Scandinavian Journal of Statistics* **11**: 265–270. 1984.
- CHAZDON, R. L., GUARIGUATA, M. R. **Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges**. *Biotropica* **48**:716–730. 2016.
- CHESSER, R.T., LEVEY, D.J. **Austral migrants and the evolution of migration in New World birds: Diet, habitat and migration revisited**. *The American Naturalist* **152** (2): 311-319. 1998.
- CHETTRI, N., DEB, D.C., SHARMA, E., JACKSON, R. **The relationship between bird communities and habitat – a study along a trekking corridor in Sikkim Himalayas**. *Mountain Research and Development*, **25**(3): 235–243. 2005.
- COLWELL, R.K., CODDINGTON, J.A. **Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation**. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* **345**:101–118. 1994.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R.S., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R.V., PARUEL, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M. **The value of the world's ecosystem service and natural capital**. *Nature* **387**: 253–260. 1997.
- CRISTESCU, R.H., FRÈRE, C., BANKS, P.B. **A review of fauna in mine rehabilitation in Australia: Current state and future directions**. *Biological Conservation*, **149**: 60-72. 2012.
- DARIO, F.R. **Diversity of frugivorous and omnivorous birds in different stages of ecological succession in Amazon Rainforest fragments**. *World News of Natural Sciences*, **15**: 37-48. 2017.
- DERLINDATI, E.J., CAZIANI, S.M. **Using canopy and understory mist nets and point counts to study bird assemblages in Chaco Forest**. *The Wilson Bulletin*, **117**(1): 92-99. 2005.
- DEWALT, S.J., MALIAKAL, S.K., DENSLOW, J.S. **Changes in vegetation structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife**. *Tropical Conservation Science*, **9**(1): 503-524. 2003.

- DÍAZ, S., CABIDO, M. **Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes.** *TRENDS in Ecology & Evolution*, **16(11)**. 2001.
- FRENCH, A., MACEDO, M., POULSEN, J., WATERSON, T., YU, A. **Multivariate Analysis of Variance (MANOVA).** 2008.
<https://www.academia.edu/download/34269097/MANOVAnewest.pdf>.
- GARCIA, D., ZAMORA, R., AMICO, G.C. **Birds as Suppliers of Seed Dispersal in Temperate Ecosystems: Conservation Guidelines from Real-World Landscapes.** *Conservation Biology*, **24(4)**: 1070–1079. 2010. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01440.x.
- GOMES, A.L.S., MARCELIANO, M.L.V., JARDIM, M.A.G. **Consumo dos frutos de *Miconia ciliata* (Rich.) DC. (Melastomataceae) por aves na Amazônia Oriental.** *Revista Brasileira de Ornitologia*, **16 (4)**: 383-386. 2008.
- GOULD, S.F. **Does post-mining rehabilitation restore habitat equivalent to that removed by mining? A case study from the monsoonal tropics of Northern Australia.** *Wildlife Research*, **38(6)**: 482-490. 2011
- GRASS, I., BRANDL, R., BOTZAT, A., NEUSCHULZ, E.L., FARWIG, N. **Contrasting Taxonomic and Phylogenetic Diversity Responses to Forest Modifications: Comparisons of Taxa and Successive Plant Life Stages in South African Scarp Forest.** *PLoS ONE* **10(2)**, 2015. e0118722. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118722>.
- GREENLAW, J.S. **Foraging behaviour of the variegated flycatcher (*Empidonamus varius*) at two north american vagrancy sites in the context of foraging in its native range.** *Florida Field Naturalist*, **45 (1)**: 1-13. 2017.
- GUALLAR, S., RUEDA-HERNÁNDEZ, R., PYLE, P. **Evolution of the preformative molt in Cardinalidae correlates with transitions from forest to open habitats.** *Ornithology*, **138**: 1–14. 2021.
- HÄKKILÄ, M., TORTOREC, E.L., BROTONS, L., RAJASÄRKKÄ, A., TORNBERG, R., MÖNKKÖNEN, M. **Degradation in landscape matrix has diverse impacts on diversity in protected areas.** *PLoS ONE* **12(9)**: e0184792. 2017.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184792>.
- HIDASI-NETO, J., BARLOW, J., CIANCIARUSO, M.V. **Bird functional diversity and wildfires in the Amazon: the role of forest structure.** *Animal Conservation*, **15**: 407-415. 2012.

- HÖFLING, E., ABOURACHID, A., RENOUS, S. **Locomotion behavior of the lettered aracari (*Pteroglossus incriptus*) (Ramphastidae).** *Ornitologia neotropical* **17**: 363–371. 2006.
- HOWE, H.F. **Bird activity and seed dispersal of a tropical wet forest tree.** *Ecology*, **58**: 539-550. 1977.
- HYDRO. **Relatório técnico: 12º Monitoramento do crescimento da vegetação do Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) da Mineração Paragominas S.A.** 2018.
- JORDANO, P., GARCIA, C., GODOY, J.A., GARCIA-CASTAÑO, J.L. **Differential contribution of frugivores to complex seed dispersal patterns.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*. **104(9)**: 3278-3282. 2007. DOI: 10.1073/pnas.0606793104.
- KEELER, S.P., YABSLEY, M.J., GIBBS, S.E.J., MCGRAW, S.N., HERNANDEZ, S.M. **A new *Isoptora* species of Passerines in the family Turdidae from Costa Rica.** *The Journal of Parasitology*, **98(1)**: 167-169. 2012.
- LAS-CASAS, F.M.G., JÚNIOR, S.M.A., DIAS, M.M., BIANCHI, C.A. **Community structure and bird species composition in a caatinga of Pernambuco, Brazil.** *Revista Brasileira de Ornitologia*, **20(3)**, 302-311. 2012.
- LAVOREL, S., GARNIER, E. **Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail.** *Functional Ecology*, **16**: 545-556. 2002.
- LECK, C.F. **Seasonal changes in feeding pressures of fruit- and nectar-eating birds in Panamá.** *The Condor*, **74**: 54-60. 1972.
- LEES, A.C., MOURA, N.G., SANTANA, A., ALEIXO, A., BARLOW, J., BERENQUER, E., FERREIRA, J., GARDNER, T.A. **Paragominas: a quantitative baseline inventory of an eastern Amazonian avifauna.** *Revista Brasileira de Ornitologia*, **20(2)**: 93-118. 2012.
- LUCK, G.W., CARTER, A. & SMALLBONE, L. **Changes in bird functional diversity across multiple land uses: interpretations of functional redundancy depend on functional group identity.** *PLoS One* **8**, e63671. 2013.
- LUCK, G.W., S. LAVOREL, S. MCINTYRE, and K. LUMB. **Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services.** *The Journal of animal ecology* **81**:1065–76. 2012. doi: 10.1111/j.1365-2656.2012.01974.x.
- MACARTHUR, R.H., MACARTHUR, J.W. **On bird species diversity.** *Ecology*, **42**: 594-598. 1961.

- MACARTHUR, R.H., MACARTHUR, J.W., PREER, J. **On bird species diversity. II. Prediction of bird census from habitat measurements.** *The American Naturalist*, **96**: 167-174. 1962.
- MAGALHÃES, V.S., JÚNIOR, S.M.A., LYRA-NEVES, R.M., TELINO-JÚNIOR, W.R., SOUZA, D.P. **Biologia de aves capturadas em um fragmento de mata atlântica, Igarassu, Pernambuco, Brasil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, **24** (4): 950-964. 2007.
- MAGURRAN, A.E., MCGILL, B.J. **Biological diversity**, 1st edn. Oxford, UK: Oxford University Press. 2011
- MARCELIANO, M.L.V., GOMES, A.L.S., GONÇALVES, A.F.G. **Avifaunistic study in mangrove areas in a stretch of the São Caetano de Odivelas - Pará Coast.** *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, **7**(8): 338-348. 2020.
- MARTINS, F.C., MACEDO, R.H.F. **Ecological segregation based on the diet of the understory insectivorous birds on the deciduous seasonal forest, GO, Brazil.** *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*. 2009.
- MASON, N.W.H., MOUILLOT, D., LEE, W.G., WILSON, J.B. **Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity.** *Oikos*, **111**: 112–118. 2005.
- MEJÍAS, M.A., RONCAL, J., IMFELD, T.S., BOISEN, S., WILSON, D.R. **Relationships of song structure to phylogenetic history, habitat, and morphology in the vireos, greenlets, and allies (Passeriformes: Vireonidae).** *Evolution*, **74**(11): 2494-2511. 2020.
- MONTOYA, D., ROGERS, L., MEMMOTT, J. **Emerging perspectives in the restoration of biodiversity-based ecosystem services.** *Trends Ecol. Evol.* **27**: 666–672. 2012.
- MOUCHET, M. A., S. VILLÉGER, N. W. H. MASON, and D. MOUILLOT. **Functional diversity measures: An overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules.** *Functional Ecology* **24**:867–876. 2010. doi: 10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x.
- MOURA, N.G. **Biodiversidade de aves em múltiplas paisagens na Amazônia Brasileira.** Dissertação (Pós-Graduação em Zoologia). Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém. 2014. 178p.
- MOURA, N. G., LEES, A. G., ANDRETTI, C. B., DAVIS, B. J. W., SOLAR, R. R. C., ALEIXO, A., BARLOW, J., FERREIRA, J., GARDNER, T, A. **Avian biodiversity in multiple-use landscapes of the Brazilian Amazon.** *Biological Conservation* **167**: 339–348. 2013.

- NASSAR, J., STONER, K.E., ÁVILA-CABADILLA, L., ESPÍRITO-SANTO, M.M., ARANGUREN, C.I., GONZALEZ-CARCACÍA, J.A., LOBATO-GARCÍA, J.M., OLÍVIO-LEITE, L., ÁLVAREZ-ANÕRVE, M., BRANDÃO, H.N.M., DOLABELA-FALCÃO, L.A., RODRÍGUEZ, J.P. **Fruit-eating bats and birds of three seasonal tropical dry forests in the Americas. *Tropical Dry Forests in the Americas*, 173-220. 2013.**
- NTONGANI, W.A., ANDREW, S.A. **Bird species composition and diversity in habitats with different disturbance histories at Kilombero Wetland, Tanzania. *Open Journal of Ecology*, 3: 482-488. 2013.**
- OHLSON, J., FJELDSÅ, J., ERICSON, P.G.P. **Tyrant flycatchers coming out in the open: phylogeny and ecological radiation of Tyrannidae (Aves, Passeriformes). *Zoologica Scripta*, 37: 315–335. 2008.**
- PACHECO, J.F., OLMOS, F. **Birds of a latitudinal transect in the Tapajós-Xingu interfluvium, Eastern Brazilian Amazonia. *Ararajuba*, 13(1): 29-46. 2005.**
- PARROTTA, J. A., KNOWLES, O. H., WUNDERLE JR., J. M. **Development of floristic diversity in 10-year-old restoration forests on a bauxite mined site in Amazonia. *Forestry Ecology and Management* 99: 21-42. 1997.**
- PATEL, S., WECKSTEIN, J.D., PATANÉ, J.S.L., BATES, J.M., ALEIXO, A. **Temporal and spatial diversification of *Pteroglossus aracaris* (AVES: Ramphastidae) in the neotropics: Constant rate of diversification does not support an increase in radiation during the Pleistocene. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 58: 105-111. 2011.**
- PEDROZA, D., VERDE, R.S., GUILHERME, E. **Birds and bats captured in a managed forest in Southwestern Brazilian Amazonia: Results and recommendations from a short-term study. *Brazilian Journal of Biological Sciences*, 6(12): 283-295. 2019.**
- PÉREZ, E.M., BULLA, L., SANTIAGO, E. **Dietary similarities among eight granivorous birds at “La Iguana” Experimental Station, Guárico State, Venezuela. *ECOTROPICOS*, 14(2):49-56. 2001.**
- PETCHEY, O.L. & GASTON, K.J. **Functional diversity (FD), species richness and community composition. *Ecol. Lett.* 5: 402–411. 2002.**
- PIZO, M.A. **The relative contribution of fruits and arthropods to the diet of three trogon species (Aves, Trogonidae) in the Brazilian Atlantic Forest. *Revista Brasileira de Zoologia*, 24(2). 2007**

- POULIN, B., LEFEBVRE, G., MCNEIL, R. **Diets of landbirds from Northeastern Venezuela. *The Condor*, 96: 354-367. 1994.**
- QUILARQUE, E., MARÍN, G., CARVAJAL, Y., FERRER, H. **Componentes de la dieta de *Sporophila minuta*, *S. intermedia* (Emberizidae), *Myiozetetes similis* y *Elaenia flavogaster* (Tyrannidae), en un ecotono bosque palustre-basi-montano de Venezuela. *Bol. Centro. Inv. Biol.* 44: 161-172. 2010.**
- RÊGO, P.S., ARARIPE, J., MARCELIANO, M.L.V., SAMPAIO, I., SCHNEIDER, H. **Phylogenetic analyses of the genera *Pipra*, *Lepidothrix* and *Dixiphia* (Pipridae, Passeriformes) using partial cytochrome b and 16S mtDNA genes. *Zoologica Scripta*, 36(6): 565–575. 2007.**
- RICKLEFS, R.E. **Reactions of some panamanian birds to human intrusion at the nest. *The Condor*, 79: 376-379. 1977.**
- R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing. 2021.**
- SABINO, U., MORAIS, R., DUCA, C. **Diet of some passerines in south coast of Espírito Santo state, Brazil. *Pap. Avulsos Zool.* 57(29). 2017. <https://doi.org/10.11606/0031-1049.2017.57.29>.**
- SARMENTO, R., ALVES-COSTA, C.P., AYUB, A., MELLO, M.A.R. **Partitioning of seed dispersal services between birds and bats in a fragment of the Brazilian Atlantic Forest. *Zoologia*, 31(3): 245-255. 2014.**
- SCHUPP, E.W. **Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107, 15–29. 1993. <https://doi.org/10.1007/BF00052209>.**
- SEKERCIOGLU, C. H. **Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology and Evolution* 21:464–471. 2006. doi: 10.1016/j.tree.2006.05.007.**
- SEYMOUR, C.L., DEAN, W.R.J. **The influence of changes in habitat structure on the species composition of bird assemblages in the southern Kalahari. *Austral Ecology* 35: 581–592. 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2009.02069.x>.**
- SILVA, A.M., MELO, C. **Overlap and resource sharing in coterries of fruit-eating birds. *Journal of Tropical Ecology*, 29: 409-416. 2013.**
- SILVA, F.R., MONTOYA, D., FURTADO, R., MEMMOTT, J., PIZO, M.A., RODRIGUES, R.R. **The restoration of tropical seed dispersal networks. *Restoration Ecology*, 23(6): 852-860. 2015.**
- SILVA, J.M.C. **Distribution of Amazonian and Atlantic birds in gallery forests of the Cerrado region, South America. *Ornitologia Neotropical*, 7: 1-18. 1996.**

- SILVA, J.M.C. **Seasonal movements and conservation of seedeaters of the genus *Sporophilla* in South America.** *Studies in Avian Biology*, **19**: 272-280. 1999.
- SILVA, J.M.C., UHL, C., MURRAY, G. **Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned amazonian pastures.** *Conservation Biology*, **10(2)**: 491-503. 1996.
- SILVEIRA, L.F., PINTO, L.P. **Diversity of birds and mammals in the forest reserves of the Agropalma Group, in Tailândia municipality, state of Pará, Brazil.** 2004. <https://www.researchgate.net/publication/273361617>.
- SIMPSON, E. Measurement of Diversity. *Nature*, **163**: 688. <http://doi.org/10.1038/163688a0>. 1949.
- SIQUEIRA, P.R., VASCONCELOS, M.F., GONÇALVES, R.M.M., LEITE, L.O. **Assessment of stomach contents of some Amazonian birds.** *Ornitologia Neotropical*. **26**, 79-88. 2015.
- SNOW, B.K., SNOW, D.W. **The feeding ecology of tanagers and honeycreepers in Trinidad.** *The Auk*, **88**: 291-322. 1971.
- SNOW, D.W. **Family Pipridae (Manakins).** *Handbook of the Birds of the World*, vol **9**, Barcelona, pp 110–169. 2004.
- STORER, R.W. **Subfamilies Thraupinae and Tersininae.** In: Paynter, R.A., Jr. (Ed.), *Check-List of Birds of the World*, vol. **13**. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, MA, 1970. pp. 246–409.
- SUHARTOYO, H., MUNAWAR, A., WIRYONO, W. **Returning biodiversity of rehabilitated forest on a coal mined site at Tanjung Enim, South Sumatra.** *Proceedings of the Society for Indonesian Biodiversity – International Conference 1*: 126-130. 2012.
- TABACHNICK, B.G., FIDELL, L.S. **Experimental Design Using ANOVA.** Duxbury, Belmont, CA. 2020. 769p.
- TILMAN, D., J. KNOPS, D. WEDIN, P. REICH, M. RITCHIE, and E. SIEMANN. **The Influence of Functional Diversity and Composition on Ecosystem Processes** **277**:1300–1302. 1997. doi: 10.1126/science.277.5330.1300.
- VANDEWALLE, M., DE BELLO, F., BERG, M.P., BOLGER, T., DOLÉDEC, S., DUBS, F., FELD, C.K., HARRINGTON, R., HARRISON, P. A., LAVOREL, S., DA SILVA, P.M., MORETTI, M., NIEMELÄ, J., SANTOS, P., SATTLER, T., SOUSA, J.P., SYKES, M.T., VANBERGEN, A.J., WOODCOCK, B. A. **Functional traits as indicators of biodiversity**

response to land use changes across ecosystems and organisms. *Biodivers. Conserv.* 19: 2921–2947. 2010.

VILLALOBOS, M.P., BAGNO, M.A. Avian frugivores feeding on *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) fruits in Central Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 20(1): 26-29. 2011.

WILMAN, H., BELMAKER, J., SIMPSON, J., DE LA ROSA, C., RIVADENEIRA, M.M. & JETZ, W. EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals. *Ecology* 95, 2027–2027. 2014.

WRIGHT, S.J. The future of tropical forests. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1195, 1–27. *Journal of Applied Ecology* 48: 1079–1087. 2010.

WUNDERLE, J.M. The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99: 223–235. 1997.