



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI

BEATRIZ TAVARES PINHEIRO

**O efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais
em uma paisagem dominada por palma-de-dendê na Amazônia Oriental**

Belém,
2024

BEATRIZ TAVARES PINHEIRO

O efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais em uma paisagem dominada por palma-de-dendê na Amazônia Oriental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zoologia.

Área de concentração: Biodiversidade e Conservação

Linha de pesquisa: Ecologia animal

Orientador: Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos

Coorientadora: Dra. Sara Miranda Almeida

Belém,
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

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

P654e Pinheiro, Beatriz Tavares.
O efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais em uma paisagem dominada por palma-de-dendê na Amazônia Oriental / Beatriz Tavares Pinheiro. — 2024.
vii, 34 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos
Coorientação: Prof^a. Dra. Sara Miranda Almeida
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em
Zoologia, Belém, 2024.

1. Aves amazônicas. 2. Diversidade funcional. 3. Espécies raras. 4. plantação de palma-de-dendê. I. Título.

CDD 598

FOLHA DE APROVAÇÃO

BEATRIZ TAVARES PINHEIRO

O efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais em uma paisagem dominada por palma-de-dendê na Amazônia Oriental

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zoologia, do convênio da Universidade Federal do Pará e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Zoologia, sendo a COMISSÃO JULGADORA composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos
Universidade Federal do Pará
(Presidente)

Dr. Rogério Rosa
Museu Paraense Emílio Goeldi

Dr. Pablo Vieira Cerqueira
Universidade Federal do Pará

Profa. Dra. Marcela Guimarães Moreira Lima
Universidade Federal do Pará

Dr. Rafael de Fraga
Instituto Tecnológico Vale

Prof. Dr. Rony Peterson Santos Almeida
Museu Paraense Emílio Goeldi

Aprovada em: 30 de março de 2024.

Dedico esta dissertação a todos
que acreditaram e confiaram
nos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Zoologia (PPGZOO), ao Laboratório de Biogeografia da Conservação e Macroecologia (BIOMACRO) e à Universidade Federal do Pará, pela estrutura e suporte durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao orientador Prof. Dr. Marcos Pérsio Dantas Santos, por todas as experiências de trabalho, confiança e aprendizado que me proporcionou, desde os primeiros semestres da graduação.

À coorientadora Dra. Sara Almeida, que foi um pilar indispensável durante esses 24 meses, agregando um vasto conhecimento ao projeto, por meio de suas observações minuciosas. Gratidão pelo seu auxílio e suporte!!

Aos colegas do BIOMACRO, que sempre me deram amparo para qualquer dúvida (ou lamúria) e tornaram a jornada do mestrado mais animada, com muitas brincadeiras, almoços, reflexões e pipocas!! Sou grata pelo apoio de todos, e tenho um carinho especial pelos que me carregaram durante as estradas em que eu não conseguia caminhar.

Agradeço especialmente aos amigos e familiares que, de alguma forma, investiram e insistiram nessa árdua etapa, não deixando faltar esperança. Agradeço muito aos meus pais por todo o investimento em minha educação, que sempre dedicaram recursos para que eu continuasse estudando, independente das circunstâncias – e da distância. À Biscoito, minha fiel escudeira 24h, que vivenciou na íntegra cada processo dessa longa caminhada, sendo meu afago diário.

Às aves, que colorem e sonorizam a minha vida, me ensinando a admirar os mais sutis detalhes da natureza.

Por fim, sou grata à minha vida, e às oportunidades que esse título me proporcionará.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	8
ABSTRACT	9
RESUMO	10
INTRODUÇÃO	11
MATERIAL E MÉTODOS	12
Área de Estudo	13
Análises	14
RESULTADOS	16
DISCUSSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** a) Distribuição da frequência dos valores do índice de raridade e b) as dez espécies com menores (mais raras, em azul) e maiores valores de IR (mais comuns, em vermelho).....18
- Figura 2.** Figura 2 - Espaço funcional ocupado pelas espécies de aves florestais raras (a) e comuns (b) na Amazônia Oriental com base nos dois primeiros eixos da PCA. As espécies indicadas são aquelas com maiores valores extremos ao longo de cada eixo. Cada ponto representa uma espécie e o tamanho dos círculos coloridos é proporcional à abundância da respectiva espécie rara ou comum.19
- Figura 3.** Figura 3 - Comparações de índices de diversidade funcional entre espécies raras e comuns de assembleias de aves florestais na Amazônia Oriental. ***: $p < 0.0001$, **: $p < 0.001$, *: $p < 0.01$20
- Figura 4.** Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) dos valores médios dos atributos funcionais ponderados pela abundância das espécies (CWM) excluindo as espécies raras (a) e comuns (b), mostrando a relação entre os atributos e os tipos de habitat: fragmentos florestais (pontos verdes) e plantações de palma-de-dendê (triângulos amarelos). Os valores de explicação de cada eixo da PCA são mostrados entre parênteses.....21
- Figura 5.** Comparação dos índices de diversidade funcional entre fragmentos florestais e plantação de palma-de-dendê calculados a partir de diferentes pools de espécies: todas as espécies (Total species pool), a exclusão das espécies raras (Rare spp. excluded) e a exclusão das espécies comuns (common spp. excluded). Pares indicados com asteriscos apresentaram diferenças significativas (***: $p < 0.0001$, **: $p < 0.001$, *: $p < 0.01$); ns, não significativo ($p > 0.05$).....22
- Figura 6.** Figura 6. Redundância funcional observada para as comunidades de aves registradas em fragmentos florestais na Amazônia Oriental considerando o pool total de espécies (em vermelho) e exclusão das espécies mais raras (em verde) e mais comuns (em azul). FRed foi calculada usando a métrica FOr (originalidade funcional), sendo que $FRed = 1 - FOr$23

The effect of rare and common species on the functional diversity of forest birds in a palm-dominated landscape in Eastern Amazonia

ABSTRACT

The advance of agro-industry in the Amazon is a major threat to biodiversity, causing intense deforestation to make way for cattle ranching and monocultures such as palm oil. Forest loss can alter the distribution and population size of rare species that are limited in number of individuals or area of occurrence, affecting the functional structure of communities and ecosystem services. In this study, we assessed the contribution of rare and common species to the functional diversity of forest bird communities in a landscape dominated by oil palm plantations. Bird sampling was conducted using a point count method in oil palm plantations and forest fragments in the eastern Amazon, Brazil. A total of 232 bird species was recorded, of which 198 occurred in the fragments and 53 in plantations. For each species occurring in forest fragments, we calculated a rarity index combining local abundance, geographic range and habitat specificity. We calculated functional richness (FRic), functional originality (FOri), functional specialization (FSpe) and community-weighted trait means (CWM), and compared them between forest and plantation communities considering three scenarios: 1) total *pool* of species recorded in forest *versus* plantation; 2) rarest species are removed from forest; and 3) more common species are removed from forest. There was a clear difference in trait composition between the two habitats. Removal of rare species increased functional diversity, but decreased functional redundancy. In contrast, the removal of common species reduced FOri and FSpe values, demonstrating that common forest bird species make unique functional contributions. We conclude that the loss of both rare and common species affects forest bird communities, and that it is essential to conserve and protect forested areas to ensure ecosystem health and resilience.

Keywords: Amazonian birds; functional diversity; rare species; oil palm plantation.

O efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais em uma paisagem dominada por palma-de-dendê na Amazônia Oriental

RESUMO

O avanço da agroindústria na Amazônia representa uma grande ameaça à biodiversidade pois provoca desmatamento intenso para dar lugar à pecuária e monoculturas, como a palma-de-dendê. A perda de áreas florestais pode alterar a distribuição e o tamanho populacional das espécies raras, as quais são restritas em número de indivíduos ou área de ocorrência, afetando a estrutura funcional das comunidades e os serviços ecossistêmicos. Assim, nesse estudo avaliamos a contribuição das espécies raras e comuns para a diversidade funcional das comunidades de aves florestais em uma paisagem dominada por palma-de-dendê. A amostragem de aves foi realizada através de censo por pontos de escuta em plantações de palma-de-dendê e em fragmentos florestais na Amazônia oriental. Ao todo, registramos 232 espécies de aves, das quais 198 ocorreram nos fragmentos e 53 em plantação de palma. Para cada espécie registrada nos fragmentos florestais calculamos um índice de raridade, que combina a abundância local, o alcance geográfico e a especificidade de habitat. Para avaliar a estrutura funcional, calculamos a riqueza funcional (FRic), originalidade funcional (FOri), especialização funcional (FSpe) e a composição funcional (CWM), e as comparamos entre as comunidades de florestas e de plantações considerando três cenários: 1) florestas com todas as espécies *versus* palma; 2) espécies raras são removidas das florestas; e 3) espécies mais comuns são removidas das florestas. Houve uma clara diferença na composição de características entre os dois habitats. A remoção de espécies raras aumentou a diversidade funcional, mas diminuiu a redundância funcional. Em contraste, a remoção de espécies comuns reduziu os valores de FOri e FSpe, demonstrando que espécies comuns de aves florestais fazem contribuições funcionais únicas. Concluímos que a perda de espécies raras e comuns afeta as comunidades de aves florestais e que é essencial conservar e proteger áreas florestais para garantir a saúde e a resiliência do ecossistema.

Palavras-chave: Aves amazônicas; Diversidade funcional; Espécies raras; plantação de palma-de-dendê.

INTRODUÇÃO

O aumento das atividades humanas nas últimas décadas tem causado extensas perdas de florestas tropicais, particularmente na Amazônia (Hansen *et al.*, 2013; Malhi *et al.* 2014; INPE, 2022). A expansão da agroindústria, impulsionada pela alta demanda por insumos, tem sido uma das principais responsáveis pelo desmatamento na Amazônia, promovendo o crescimento da pecuária extensiva e do cultivo de monoculturas (Vieira *et al.*, 2008; Solar *et al.*, 2016). A monocultura de palma-de-dendê (*Elaeis guineensis* Jacq.), está entre as atividades agroindustriais que mais se destacam na região devido à produção de óleos de baixo custo utilizados na indústria alimentícia, de cosméticos, e biocombustível (Vilela *et al.*, 2014). Estudos têm revelado consequências negativas das plantações de palma-de-dendê sobre a biodiversidade amazônica, pois essa monocultura abriga comunidades biológicas empobrecidas, e afeta, principalmente, as espécies florestais (*e.g.*, Lees *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2016; Cardoso *et al.*, 2021).

A biodiversidade exerce um papel indispensável no funcionamento dos ecossistemas, uma vez que ela está diretamente relacionada à qualidade ambiental, às sucessões ecológicas e às interações mutualísticas (Luck *et al.*, 2012; Naeem *et al.*, 2016). Assim, alterações na estrutura e diversidade de comunidades biológicas ocasionadas pelo uso exacerbado do solo podem prejudicar funções ecossistêmicas como polinização, dispersão de sementes, controle de pragas (Luck *et al.*, 2013; Barros *et al.*, 2019), além de afetarem a saúde e o bem-estar humano (Fisher *et al.*, 2023). A diversidade funcional é uma forma eficaz de avaliar a biodiversidade, pois leva em conta características ecológicas que influenciam a tolerância dos organismos ao ambiente em que vivem e a competição por recursos (Petchey & Gaston, 2006; Pigot *et al.*, 2016). Nesse sentido, a riqueza funcional (FRic), a especialização funcional (FSpe) e a originalidade funcional (FOri) são métricas fundamentais para entender a complexidade das comunidades biológicas, permitindo avaliar a resiliência e a estabilidade dos ecossistemas diante de mudanças ambientais. A FRic mede a amplitude dos traços funcionais presentes em uma comunidade, revelando a variedade de nichos ecológicos ocupados (Villéger *et al.*, 2008). A FSpe revela como certas espécies desempenham funções específicas dentro do ecossistema, enquanto a FOri mede a singularidade dos traços funcionais de uma espécie em relação às demais, destacando a importância de espécies únicas para a manutenção da funcionalidade do ecossistema (Mouillot *et al.*, 2013b).

As perdas de áreas florestais podem alterar a distribuição e tamanho populacional das espécies mais sensíveis e, conseqüentemente, a estrutura das comunidades, tornando-as mais vulneráveis (Hasui *et al.*, 2024; Bernardino *et al.*, 2024). Isso pode acontecer, por exemplo, com as espécies raras, as quais apresentam distribuição geográfica restrita, maior especificidade de habitat

e tamanho populacional reduzido, havendo maior probabilidade de desaparecer dos ecossistemas (Reveal, 1981; Rabinowitz *et al.*, 1986; Basile, 2022). No entanto, há evidências contrastantes sobre o papel das espécies raras para o funcionamento dos ecossistemas. De maneira geral, os estudos têm demonstrado que as espécies raras tipicamente contribuem muito mais para a diversidade funcional do que as espécies mais comuns, devido à combinação única de atributos funcionais, fornecendo diversas funções ecossistêmicas (Lyons *et al.*, 2005; Mouillot *et al.*, 2013a; Leitão *et al.* 2016; Violle *et al.*, 2017). Outros estudos demonstraram que muitas espécies comuns fazem contribuições únicas para a diversidade funcional, e a manutenção de um número relativamente baixo de espécies comuns é suficiente para manter a maioria dos processos ecossistêmicos (Smith & Knapp, 2003; Chapman *et al.*, 2018). Nesse sentido, ainda não está claro qual é o papel das espécies raras e comuns para a diversidade dos ecossistemas.

As aves são excelentes modelos de estudos ecológicos devido ao seu papel no funcionamento dos ecossistemas como agentes polinizadores e dispersores de sementes, contribuem para a ciclagem de nutrientes, e são indicadores de mudanças ambientais (Sekercioglu *et al.*, 2016; Alexandrino *et al.*, 2016). Aves florestais dependem de diversos recursos florestais para alimentação, abrigo e reprodução, o que significa que a qualidade e a estrutura do habitat influenciam diretamente na diversidade de espécies, nas suas interações e funcionalidades (Valiente-Banuet *et al.*, 2015; Batisteli *et al.*, 2018). É amplamente reconhecido que fragmentos florestais na Amazônia apresentam uma diversidade de aves superior à observada em plantações de palma-dendê (Lees *et al.*, 2015; Almeida *et al.*, 2016; Prescott *et al.*, 2016; Cardoso *et al.*, 2021). Dessa maneira, buscamos responder à seguinte pergunta: a maior diversidade funcional de aves nos fragmentos florestais é determinada pelas espécies raras? Assim, esse estudo investigou como aves raras e comuns afetam os padrões de diversidade funcional em comunidades de floresta em uma paisagem dominada por monocultura de palma-de-dendê no leste da Amazônia brasileira. Para tal, utilizamos dois cenários distintos de remoção de espécies das comunidades registradas nos fragmentos florestais: remoção de 25% das espécies mais raras e de 25% das espécies mais comuns. Nossa hipótese é de que, por apresentarem características funcionais únicas, as espécies raras terão maior impacto na estrutura funcional das comunidades de aves florestais, havendo uma redução dos valores diversidade funcional causada pela remoção dessas espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

ÁREAS DE ESTUDO E AMOSTRAGEM DA AVIFAUNA

O estudo abrangeu fragmentos florestais em áreas de plantação de palma-de-dendê (*Elaeis guineenses*), situados em dois complexos agroindustriais, Biopalma e Agropalma, nos municípios de Concórdia do Pará, Moju e Tailândia, na Amazônia Oriental, Brasil (Figura S1). Essa região concentra a maior parte da produção de dendê do país (MAPA, 2018). As reservas florestais desses complexos agroindustriais totalizam 160 mil hectares com cerca de 95.000 ha de plantação de palma-de-dendê (veja Cardoso *et al.* 2021 para mais detalhes). As amostragens de aves ocorreram na estação seca dos anos de 2012, 2015 e 2016, sendo amostrados 11 transectos em fragmentos florestais e 11 em plantação de palma-de-dendê. Os fragmentos florestais eram >1000 ha e sem presença de corte seletivo de madeira. Em cada um dos transectos foram realizados entre nove e 15 pontos de censos de escuta separados por 200 m um do outro, totalizando 190 pontos em áreas de fragmentos florestais e 107 pontos em plantação de palma. Em cada estação de ponto de escuta o observador permaneceu por 10 minutos registrando as espécies de aves vistas e/ou ouvidas, e anotando o número de indivíduos. Os censos ocorreram das 06h00 às 10h00 em ausência de chuva ou vento forte.

ATRIBUTOS FUNCIONAIS

Foi construída uma matriz funcional considerando cinco atributos funcionais contínuos relacionados à dieta (comprimento e largura do bico), comportamento de forrageio (comprimento do tarso), capacidade de dispersão (índice de alongamento das asas, HWI) e massa corporal. Esses atributos têm sido amplamente utilizados na literatura, pois abrangem vários aspectos da ecologia das espécies de aves, pois estão relacionados ao uso de recursos e o papel das aves no funcionamento dos ecossistemas (Bregman *et al.*, 2016; Tobias *et al.*, 2022). As medidas do bico, como o comprimento do culmen e a largura do bico, estão associadas aos métodos de coleta de alimentos e aos tipos de alimentos consumidos (Luck *et al.*, 2012). O comprimento do tarso está ligado às atividades de forrageamento (Tobias *et al.*, 2022), e a massa corporal reflete a quantidade de alimento que uma ave requer (Luck *et al.*, 2012). Além disso, o índice de alongamento da asa (*Hand-wing Index*, HWI) serve como um indicador da eficiência de voo e capacidade de dispersão em aves (Tobias *et al.*, 2022). Esses atributos foram obtidos a partir da base de dados AVONET (Tobias *et al.*, 2022), um banco de dados detalhado que inclui atributos funcionais contínuos e categóricos para cerca de 11 mil espécies de aves. Antes das análises funcionais, para retirar a influência da massa corporal, as medidas do bico e tarso foram divididas pela raiz cúbica da massa corporal da respectiva espécie (West *et al.*, 1997).

MEDINDO A RARIDADE DAS ESPÉCIES DE AVES FLORESTAIS

Para cada espécie registrada nos fragmentos florestais foi computado um índice de raridade (IR) que integra a abundância local (LA), o alcance geográfico (GR) e a especificidade de habitat (HB), conforme Leitão *et al.* (2016). Considerando o número de indivíduos registrados nos transectos, calculamos a frequência de ocorrência para cada espécie. O alcance geográfico (*range size*, em km²), foi obtido para cada espécie na base AVONET (Tobias *et al.*, 2022), a partir da coluna nomeada como “Range.Size” do conjunto de dados nomeado como “AVONET Supplementary dataset 1” na aba “AVONET1_BirdLife”. A especificidade de habitat foi determinada com base no número de tipos de habitats, que variou de 1 a 7, conforme Parker III *et al.* (1996). Assim, espécies que geralmente ocorrem em apenas um tipo de habitat segundo a base consultada, foram consideradas de habitat restrito, sendo atribuído o valor 1.

Seguindo a metodologia de Leitão *et al.* (2016), para diminuir a magnitude dos valores as métricas LA, HB e GR foram padronizadas por $[\log(x + 1)]$. Em seguida, cada valor foi dividido pelo valor máximo observado considerando todas as espécies em cada conjunto de dados, obtendo-se valores entre 0 e 1. O índice de raridade (IR), foi calculado pela fórmula $RI_i = [LA_i \times w_{la}] + (GR \times w_{gr}) + (HB_i \times w_{hb}) / (w_{la} + w_{gr} + w_{hb})$, sendo que w_{la} , w_{gr} e w_{hb} representam o grau de independência (baseada em correlação de Pearson) de cada métrica de raridade em relação às demais (Leitão *et al.*, 2016). O IR varia entre 0 e 1, sendo 0 o valor potencial alcançado pela espécie mais rara, e 1 o valor potencial alcançado pelas espécies mais comuns (Leitão *et al.* 2016). No entanto, no presente estudo, nós subtraímos cada valor de IR por 1 ($IR = |IR-1|$) de forma que quanto maior o IR, mais rara é a espécie. No presente estudo, foram consideradas espécies raras aquelas com $IR \geq 0,55$ que corresponderam ao terceiro quartil (75%) dos valores de IR e a 25% das espécies registradas. As espécies mais comuns foram as espécies representando os 25% (primeiro quartil) menores valores de IR (Leitão *et al.*, 2016; Luiza-Andrade *et al.*, 2022). Os outros 50% das espécies foram mantidas em ambos os cenários de remoção de espécies raras e comuns que será descrito mais adiante.

CALCULANDO A DIVERSIDADE FUNCIONAL DAS COMUNIDADES DE AVES

Para avaliar as contribuições das espécies raras e comuns para a diversidade funcional com base na posição das espécies de aves no espaço funcional multidimensional e em suas abundâncias relativas, foram calculadas quatro métricas da estrutura funcional das comunidades: a riqueza funcional (FRic), a originalidade funcional (FOri), a especialização funcional (FSpe) e a composição funcional (CWM). A redundância funcional (FRed) foi calculada a partir da métrica FOri, sendo $FRed = 1 - FOri$ (Kearsley *et al.*, 2019).

A riqueza funcional (FRic) representa o total de espaço funcional ocupado pelas espécies de uma comunidade, sendo que espécies com características funcionais mais extremas são posicionadas nos vértices, enquanto espécies com características menos pronunciadas são localizadas dentro do polígono. No cálculo de FRic a abundância das espécies não é considerada (Villéger *et al.*, 2008). A originalidade funcional (FOri), quantifica o grau de singularidade das características das espécies em uma assembleia, ou seja, o quanto elas são únicas (oposto de redundância) (Mouillot *et al.*, 2013b). Baixos valores de FOri indicam que as espécies estão mais próximas de outra espécie no espaço funcional (Leclerc *et al.*, 2020). A especialização funcional (FSpe), estima o grau de especialização de uma espécie a partir da distância euclidiana desta espécie até o baricentro do espaço funcional (Mouillot *et al.*, 2013b). Altos valores de FSpe indicam que as espécies do *pool* estudado estão distantes do baricentro e apresentam combinações extremas de características funcionais (Leclerc *et al.*, 2020). A composição funcional (CWM), representa a média das características das espécies de aves presentes em uma comunidade, ponderado por suas abundâncias relativas. Essa métrica permite compreender quais são os atributos dominantes em cada comunidade (Garnier *et al.*, 2004). Para calcular FRic, FOri e FSpe utilizamos função ‘mFD’ do pacote mFD (Magneville *et al.*, 2022) e, sendo que os valores dos índices variam de 0 a 1. Os valores CWM foram computados no pacote BAT (Cardoso *et al.*, 2015) através da função ‘cwm’ no ambiente R.

Os valores CWM obtidos para cada atributo funcional (comprimento e largura do bico, comprimento do tarso, HWI e massa corporal) foram submetidos a uma análise de componentes principais (PCA) seguida de uma análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA, *permutational multivariate analysis of variance*) a fim de testarmos a diferença na composição funcional entre plantação de palma-de-dendê e os fragmentos florestais.

Para avaliarmos o efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional e compararmos as métricas de diversidade funcional entre as comunidades de aves de florestas e plantação de palma-de-dendê, consideramos os seguintes cenários de análises: 1) florestas com todas as espécies *versus* plantação de palma; 2) espécies mais raras (25%) são removidas das florestas, e 3) espécies mais comuns (25%) são removidas das florestas. Para testarmos a diferença entre os índices de diversidade funcional, realizamos o teste não-paramétrico teste de Wilcoxon usando a função ‘wilcox.test’ no pacote stats (Oksanen *et al.*, 2017) do ambiente R. Todas as análises e representações gráficas foram realizadas no ambiente R, versão 4.3.3 (R Core Team, 2024).

RESULTADOS

Foram registradas 232 espécies de aves distribuídas em 46 famílias, das quais 198 ocorreram em fragmentos florestais, sendo 50 (25%) raras e 50 (25%) espécies mais comuns (Tabela S1). Nas plantações de palma-de-dendê foram registradas 53 espécies, sendo que 34 (64.15%) ocorreram exclusivamente nesse habitat. Dezenove espécies ocorreram em ambos os habitats. Entre as 50 espécies mais comuns, 13 ocorreram tanto em floresta quanto na plantação. Apenas uma espécie classificada como rara, *Pteroglossus bitorquatus bitorquatus* (Ramphastidae), ocorreu em ambos os habitats: 4 indivíduos em floresta e 1 indivíduo na plantação.

Entre as espécies registradas, *Harpia harpyja* e *Pionites leucogaster* são ameaçadas de extinção (VU-Vulnerável) de acordo com a lista vermelha global da IUCN (IUCN, 2024), enquanto outras quatro são quase ameaçadas (NT): *Tinamus guttatus*, *P. b. bitorquatus*, *Celeus torquatus*, e *Xipholena lamellipennis*. Nove espécies aparecerem como vulnerável (VU) na lista brasileira de espécies ameaçadas (MMA, 2024): *H. harpyja*, *P. b. bitorquatus*, *Piculus paraensis*, *Pyrrhura vulturina*, *Pyrrhura coerulescens*, *Phlegopsis nigromaculata paraensis*, *Dendrocolaptes medius*, *X. lamellipennis*, e *Granatellus pelzelni paraensis*. Todas essas espécies foram registradas nos fragmentos florestais, exceto *P. b. bitorquatus*, como mencionado anteriormente. Dessas 12 espécies ameaçadas ou quase ameaçadas, na lista global ou nacional, sete foram raras (58.33%), mas nenhuma delas estava entre as mais comuns.

Diversidade funcional de espécies florestais raras e comuns

Os valores do índice de raridade (IR) variaram de 0,23 a 0,63, sendo a média 0,49 (DP = 0,07) (Figura 1a; Tabela S2). As espécies mais comuns nas áreas florestais foram *Cercomacra cinerascens* (IR = 0,23), *Phaethornis ruber* (IR = 0,23), *Pheugopedius genibarbis* (IR = 0,26), *Amazona amazonica* (IR = 0,32) e *Lipaugus vociferans* (IR = 0,32); as mais raras foram *Taeniotriccus andrei* (IR = 0,63), *Deconychura longicauda* (IR = 0,62), *Periporphyrus erythromelas* (IR = 0,62), *Xipholena lamellipennis* (IR = 0,62) e *Crypturellus strigulosus* (IR = 0,61) (Figura 1b).

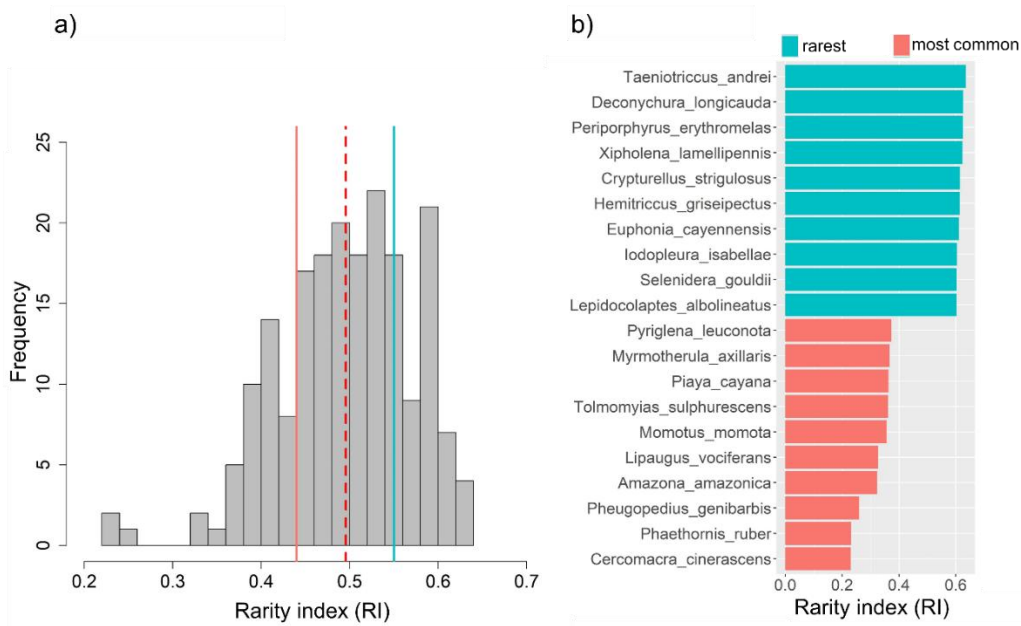


Figura 1 – a) Distribuição da frequência dos valores do índice de raridade. b) São mostradas as dez espécies com os maiores (mais raras, em azul) e menores valores de IR (mais comuns, em vermelho).

As espécies mais comuns ocuparam um volume funcional maior do que as espécies raras (Fig. 2a; Fig. S4). As espécies raras com valores mais extremos no espaço funcional (Fig. 2a) foram *Harpia harpyja*, *Topaza pella*, *Pteroglossus bitorquatus* e *Conopophaga roberti*. Entre as mais comuns (Fig. 2e), as espécies com valores extremos foram *Patagonenas plumbea*, *Phaethornis superciliosus*, *Ramphastos tucanus* e *Pyriglena leuconota*. Análises comparativas revelaram que os valores de FRic, FOr e FSpe das espécies mais comuns foram significativamente maiores do que os das espécies raras (FRic, $p < 0.0001$; FOr, $p = 0,001$; FSpe, $p < 0.0001$; Fig. 3).

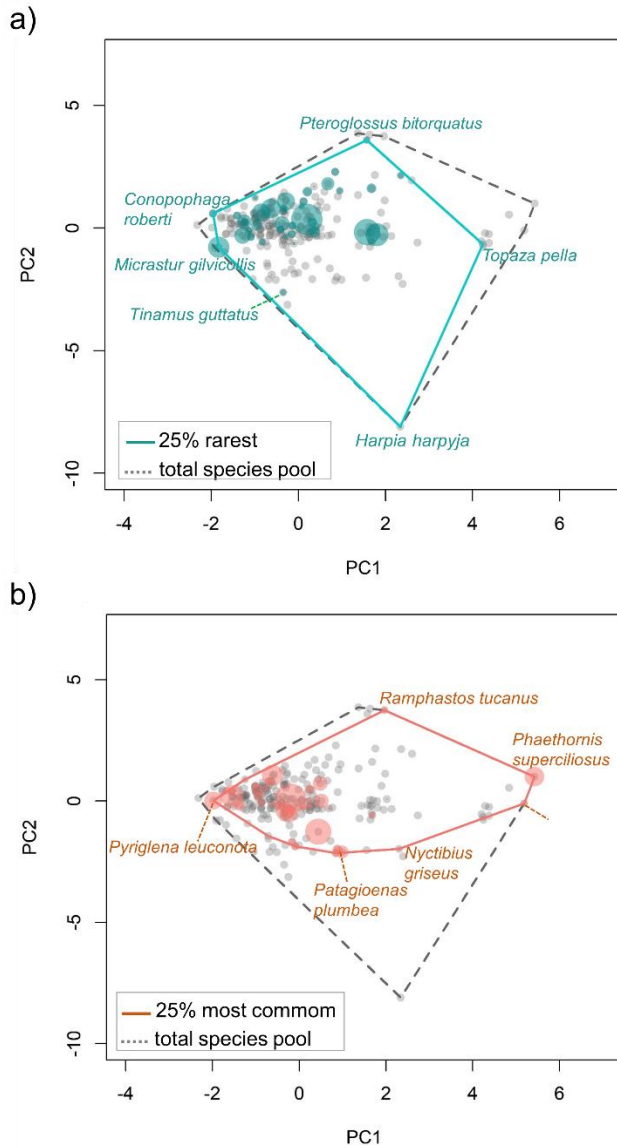


Figura 2 - Espaço funcional ocupado pelas espécies de aves florestais raras (a) e comuns (b) na Amazônia Oriental com base nos dois primeiros eixos da PCA. As espécies indicadas são aquelas com maiores valores extremos ao longo de cada eixo. Cada ponto representa uma espécie e o tamanho dos círculos coloridos é proporcional à abundância da respectiva espécie rara ou comum.

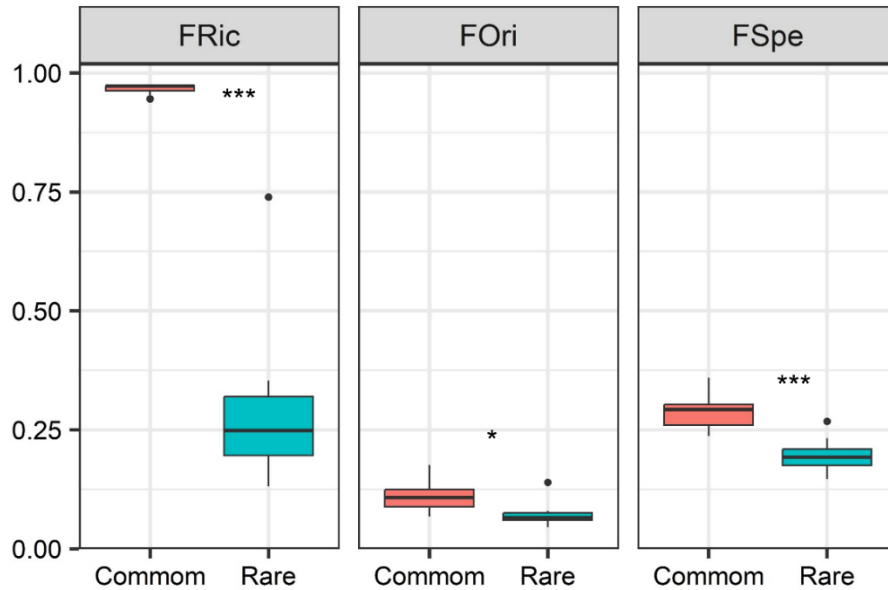


Figura 3 - Comparações de índices de diversidade funcional entre espécies raras e comuns de assembleias de aves florestais na Amazônia Oriental. ***: $p < 0.0001$, **: $p < 0.001$, *: $p < 0.01$.

Efeito das espécies raras e comuns na diversidade funcional de aves florestais e comparação com plantação de palma-de-dendê

Considerando o *pool* total de espécies florestais, observamos diferença na composição funcional entre as áreas de florestas e plantação de palma-de-dendê (Pseudo-F = 20.71; $p = 0.001$), sendo que a soma dos dois primeiros eixos da PCA explicou um total de 71,35% (PC 1 = 48,72%; PC 2 = 22,63%) (Figura S3). Na plantação de palma-de-dendê as aves apresentaram maior tamanho de tarso, e nas áreas florestais houve dominância de espécies com bicos maiores, maior massa corporal e maior alongamento das asas (HWI). Quando excluimos as espécies mais comuns, observamos um total de variação de 88,80% (PC 1 = 65,11%; PC 2 = 23,68%; Pseudo-F = 8.59; $p = 0.01$). Esse resultado manteve o padrão de maior influência do tamanho do tarso em áreas de plantação de palma-de-dendê e a dominância de espécies com bicos maiores, maior massa corporal e alongamento de asas nas áreas florestais (Figura 4a). Ao excluirmos as espécies raras encontramos um total de variação de 80,50% (PC 1 = 66,56%; PC 2 = 22,93%) com uma diferença mais acentuada na composição de *traits* entre os dois habitats (Pseudo-F = 13.43; $p = 0.002$; Figura 4b), porém, mantendo-se o padrão de dominância dos *traits* em cada habitat.

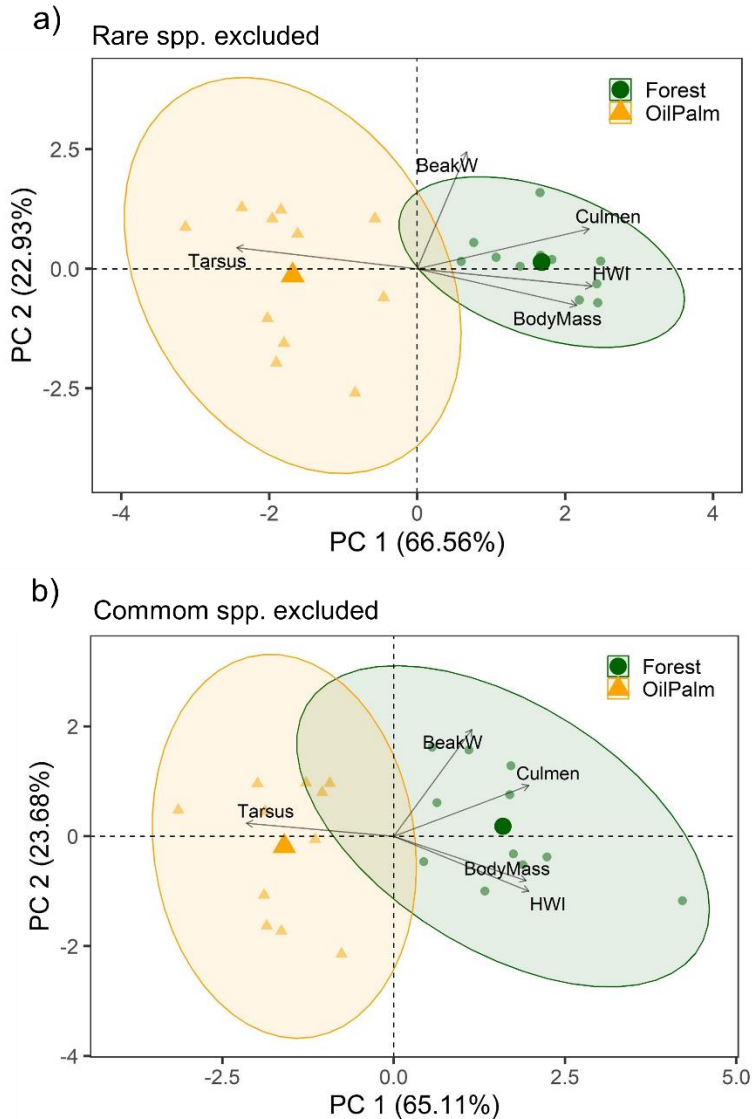


Figura 4. Análise de Componentes Principais (PCA) dos valores médios dos atributos funcionais ponderados pela abundância das espécies (CWM) excluindo as espécies raras (a) e comuns (b), mostrando a relação entre os atributos e os tipos de habitat: fragmentos florestais (pontos verdes) e plantações de palma-de-dendê (triângulos amarelos). Os valores de explicação de cada eixo da PCA são mostrados entre parênteses.

Verificamos que as áreas de floresta (i.e., *pool* completo, 197 espécies) apresentaram valores mais altos de riqueza funcional (FRic média = 0,33; DP = 0,19), originalidade (FOri média = 0,03; DP = 0,003) e especialização funcional (FSpe média = 0,13; DP = 0,007), quando comparadas às áreas de plantação de palma-de-dendê (FRic: $W = 121$; $p < 0,001$; $p < 0,001$; FOri: $W = 116$; $p < 0,001$; FSpe: $W = 108$; $p = 0,001$; Figura 4). A exclusão das espécies raras ($n = 50$) não alterou o padrão, com as áreas florestais apresentando maior valores para os três índices (FRic: $W = 121$; $p < 0,001$; FOri: $W = 101$; $p = 0,006$; FSpe: $W = 108$; $p = 0,001$). Quanto à exclusão das espécies comuns, verificamos que embora a riqueza funcional ($W = 121$; $p < 0,001$) continuou maior na

floresta, a originalidade funcional ($W = 59$; $p = 0,947$) e a especialização funcional das aves florestais atingiu níveis similares ao registrado na plantação ($W = 86$; $p = 0,10$; Figura 5).

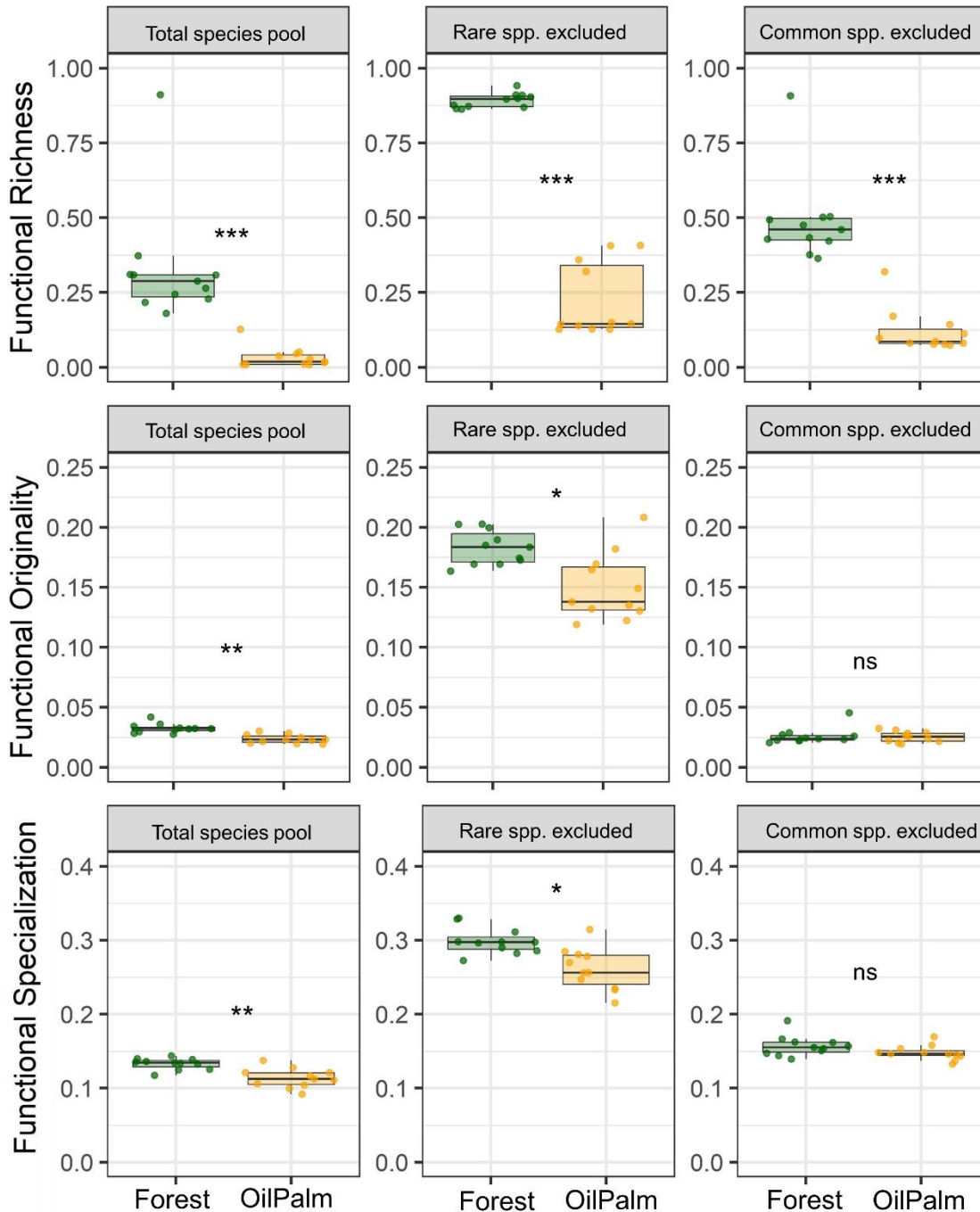


Figura 5 – Comparação dos índices de diversidade funcional entre fragmentos florestais e plantação de palma-de-dendê calculados a partir de diferentes *pools* de espécies: todas as espécies (Total species pool), a exclusão das espécies raras (Rare spp. excluded) e a exclusão das espécies comuns (common spp. excluded). Pares indicados com asteriscos apresentaram diferenças significativas (***: $p < 0.0001$, **: $p < 0.001$, *: $p < 0.01$); ns, não significativo ($p > 0.05$).

A remoção das espécies raras da floresta causou um aumento nos valores das métricas de diversidade funcional, especialmente em FRic que teve um ganho de 56%, seguido de FSpe 17% e FOri 15% (Tabela S3, Fig. S5), e uma redução na redundância funcional (Figura 5). A remoção das espécies mais comuns, no entanto, apresentou pequeno impacto em FOri (1%) e FSpe (2%), e um aumento de 15% em FRic (Figura S5, Tabela S4). No entanto, é importante destacar que essa pequena redução em FOri e FSpe foi o suficiente para reduzir os valores dessas métricas a níveis similares ao encontrado nas comunidades de aves da plantação (Figura 4).

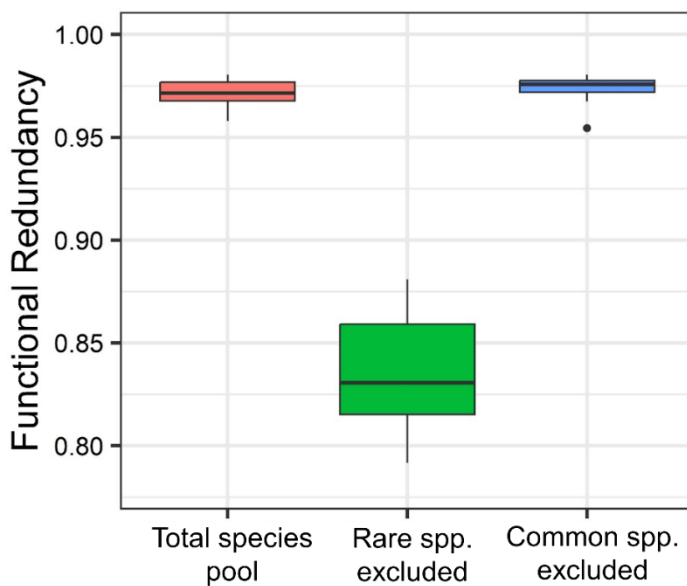


Figura 6. Redundância funcional observada para as comunidades de aves registradas em fragmentos florestais na Amazônia Oriental considerando o *pool* total de espécies (em vermelho) e exclusão das espécies mais raras (em verde) e mais comuns (em azul). FRed foi calculada usando a métrica FOri (originalidade funcional), sendo que $FRed = 1 - FOri$.

DISCUSSÃO

No presente estudo, investigamos o impacto da remoção das espécies mais raras e mais comuns na estrutura funcional de comunidades de aves em fragmentos florestais na Amazônia Oriental, comparando com plantações de palma-de-dendê. Com a exclusão das espécies mais raras, observamos que, embora as comunidades nos fragmentos florestais mantiveram as três métricas de estrutura funcional superiores às observadas nas plantações, a redundância funcional diminuiu. A riqueza funcional (FRic), especialização funcional (FSpe) e originalidade funcional (FOri) foram maiores quando as espécies mais raras foram removidas do *pool* total, em contraste com a remoção de um número equivalente de espécies comuns, diferindo dos resultados encontrados na região

temperada (Burner *et al.*, 2022). A remoção das espécies de aves florestais mais comuns reduziu a FOrí e a FSpe a níveis similares aos encontrados nas comunidades de aves das plantações. Esses achados destacam a importância tanto das espécies mais raras quanto das mais comuns para a estrutura funcional das comunidades de aves florestais. Espécies mais raras são particularmente vulneráveis às alterações ambientais, e sua extinção devido à perda de habitat pode resultar em uma drástica redução da redundância funcional (Brandl *et al.*, 2016). Por outro lado, as espécies comuns desempenham um papel crucial na estrutura funcional das comunidades, pois sua abundância aumenta a probabilidade de interações com outras espécies, gerando efeitos em cascata no ecossistema (Chapman *et al.*, 2018). Este estudo, portanto, sublinha a necessidade de considerar a importância relativa de espécies de aves raras e comuns nos ecossistemas florestais, com implicações significativas para estratégias de conservação e manejo ambiental.

Em ambos os cenários, a composição funcional diferiu entre os dois habitats, sendo que na plantação de palma-de-dendê as comunidades foram dominadas por aves de pequeno tamanho corporal, com tarsos mais longos e bicos mais curtos. Isso corrobora um padrão já observado em habitats alterados na Amazônia oriental, onde aves com essas características são frequentemente associadas a monoculturas (Almeida *et al.*, 2016; Bregman *et al.*, 2016; Barros *et al.*, 2021; Barros *et al.*, 2022). Aves que se alimentam de sementes têm bicos mais curtos e se beneficiam em áreas de plantação devido à proliferação de gramíneas nesse ambiente; e insetos não são um recurso limitante para os insetívoros (Henriques, 2003; Barros *et al.*, 2021).

Nas comunidades dos fragmentos florestais, as aves apresentaram bicos mais longos, maior massa corporal e alongamento das asas. Aves de bicos mais longos, como os beija-flores (*Phaethornis superciliosus* e *Phaethornis ruber*) e os tucanos (e.g., *Pteroglossus bitorquatus*, *Ramphastos tucanus* e *Selenidera gouldii*), atuam, respectivamente, na polinização e na dispersão de sementes maiores (Luck *et al.*, 2012). Os arapaçus (e.g., *Dendrocincla fuliginosa* e *Dendrocolaptes medius*, Dendrocolaptidae), que estiveram ausentes da plantação (exceto *Dendroplex picus*, n = 1), também apresentam bicos longos, e são dependentes de florestas mais preservadas, visto que forrageiam em troncos verticais em busca de pequenos invertebrados (Machado *et al.*, 2022). Além disso, as asas mais longas podem permitir que as aves explorem diferentes estratos da floresta (Polo & Carrascal, 2001). Esses atributos funcionais podem contribuir para a diversidade funcional, aumentando a eficiência do forrageio, o uso de diferentes recursos, e a resiliência da comunidade diante de pequenas perturbações. As espécies mais raras registradas no presente estudo são dependentes florestais e apresentaram baixa abundância local. Devido à essa condição, elas estão mais vulneráveis a distúrbios como o desmatamento e à perda de habitat ocasionados pelas atividades humanas, sendo extintas mais

cedo do que as espécies comuns, o que impacta negativamente a estrutura funcional da comunidade (Basile, 2022).

No presente estudo, o aumento observado em originalidade funcional e especialização funcional com a remoção das espécies raras pode ser explicado pelo fato de as espécies raras perdidas compartilharem características com outras espécies mantidas no *pool*. Porém, a redução observada na redundância funcional sugere que essas espécies contribuem para a resiliência do ecossistema em que vivem frente às alterações ambientais (Chapman *et al.*, 2018; Biggs *et al.*, 2020). Espécies raras têm o potencial de desempenhar um papel importante no funcionamento do ecossistema, seja oferecendo novas contribuições para a diversidade funcional ou por meio de redundância funcional, dependendo de como as espécies raras são definidas (Jain *et al.*, 2014). Em ambientes menos perturbados, as comunidades de aves possuem muitas espécies que compartilham funções ecológicas similares (Calsavara *et al.*, 2023). De fato, esse parece ser um padrão bem consolidado, tendo em vista que outros estudos encontraram níveis elevados de redundância funcional de aves em fragmentos florestais em comparação com plantação de palma-de-dendê (Edwards *et al.*, 2014; Almeida *et al.*, 2016; Prescott *et al.*, 2016).

Quando as comunidades apresentam uma alta redundância funcional, ou similaridade em atributos funcionais, a perda de espécies funcionalmente redundantes tende a aumentar a originalidade funcional, pois as espécies restantes se tornam mais únicas (Brandl *et al.*, 2016). Dessa maneira, a perda de espécies raras em habitats com maior complexidade estrutural e disponibilidade de recursos, não resulta necessariamente em grandes perdas de diversidade funcional, porém, reduz a redundância funcional, um parâmetro importante para a estabilidade e resiliência dos ecossistemas. Em contraste, comunidades mais impactadas por distúrbios antropogênicos tendem a ser mais dissimilares funcionalmente e menos resilientes (Edwards *et al.*, 2013; Hidasi-Neto *et al.*, 2012; Brandl *et al.*, 2016).

Destacamos que as espécies mais comuns registradas são abundantes em áreas de florestas na Amazônia e podem ser consideradas peças-chave na manutenção de habitats florestais, atuando, por exemplo, como dispersores de sementes (e.g., *Lipaugus vociferans*, *Amazona amazonica*), contribuindo para a estabilidade do ecossistema. A remoção das espécies florestais mais comuns, levou à redução nos valores de FSpe e FOri, indicando que as espécies da comunidade passaram a ocupar a parte mais central do espaço funcional em relação à margem, e com características funcionais mais compartilhadas ou convergentes com as de outras espécies (De Bello *et al.*, 2009). Esses resultados evidenciam que as espécies mais comuns apresentam características funcionais únicas e são importantes para a estrutura funcional das comunidades. Portanto, é imprescindível avaliar se a

abundância e a distribuição de espécies comuns diminuíram em comparação com padrões históricos ao analisar a importância das espécies raras na diversidade funcional (Chapman *et al.*, 2008).

Para concluir, a extinção de espécies florestais, representa um sério risco para a diversidade funcional e a estabilidade dos ecossistemas. Este estudo demonstrou que tanto as espécies raras quanto as comuns desempenham papéis cruciais na manutenção da estrutura funcional e, conseqüentemente, dos processos ecológicos essenciais. Assim, a perda de espécies florestais pode aumentar a vulnerabilidade do ecossistema a desequilíbrios ecológicos. Portanto, é imprescindível reconhecer o valor intrínseco das espécies e implementar medidas eficazes de conservação da biodiversidade e a manutenção da integridade dos ecossistemas florestais, principalmente em áreas impactadas pelas mudanças do uso da terra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, S.M., Silva, L.C., Cardoso, M.R., Cerqueira, P.V., Juen, L., Santos, M.P.D. 2016. The Effects of oil palm plantations on the functional diversity of Amazonian birds. *J. Trop. Ecology*. 32, 510-525. <https://doi.org/10.1017/S0266467416000377>.

AGROPALMA, 2021. Relatório de sustentabilidade. Disponível em: <https://www.agropalma.com.br/sustentabilidade/#documentos>. (Acessado em 01 fevereiro 2023).

Alexandrino, E.R., Buechley, E.R., Piratelli A.J., Ferraz, K.M.P.M.B., Moral, R.A., Şekercioğlu, Ç.H., Silva, W.R., Couto, H.T.Z. 2016. Bird sensitivity to disturbance as an indicator of forest patch conditions: An issue in environmental assessments. *Ecol. Indic.* 66, 369-381. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.02.006>.

Barros, F.C., Almeida, S.M., Cerqueira, P.V., Silva, L.C, Santos, M.P.D. 2021. Bird diversity in ‘paricá’ (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) plantations and forest fragments in Eastern Amazon: taxonomic diversity, ecological guilds, and functional trait composition. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 58, 104-115. <https://doi.org/10.1080/01650521.2021.1914295>.

Barros, F.C., Almeida, S.M., Godoy, B.S., Silva, R.R., Silva, L.C., Moraes, K.F., Santos, M.P.D. 2022. Taxonomic and functional diversity of bird communities in mining areas undergoing passive

and active restoration in eastern Amazon. *Ecol. Eng.*, 182, 106721.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106721>.

Barros, F.M., Peres, C.A., Pizo, M.A., Ribeiro, M.C. 2019. Divergent flows of avian-mediated ecosystem services across forest-matrix interfaces in human-modified landscapes. *Landscape Ecol.* 34, 879-894. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00812-z>.

Basile, M. 2022. Rare species disproportionately contribute to functional diversity in managed forests. *Sci. Rep.* 12, 5897. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09624-9>.

Batisteli, A.F., Tanaka, M.O., Souza, A.L.T. 2018. Bird Functional Traits Respond to Forest Structure in Riparian Areas Undergoing Active Restoration. *Diversity.* 10, 90.

<https://doi.org/10.3390/d10030090>.

Bernardino, G.V.D.S., Mesquita, V.P., Bobrowiec, P.E.D., Iannuzzi, L., Salomão, R. P., Cornelius, C. 2024. Habitat loss reduces abundance and body size of forest-dwelling dung beetles in an Amazonian urban landscape. *Urban Ecosyst.* 27, 1175–1190. <https://doi.org/10.1007/s11252-024-01520-6>.

Biggs, C.R., Yeager, L.A., Bolser, D.G.C., Bonsell, A.M., Dichiera, Z., Hou, S.R., Keyser, A.J., Khursigara, K.Lu., Muth, A. F., Negrete Jr, B., Erisman, B. E. 2020. Does functional redundancy affect ecological stability and resilience? A review and meta-analysis. *Ecosphere* 11, 03184. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3184>.

Brandl, S.J., Emslie, M.J., Ceccarelli, D.M., Richards, Z.T. 2016. Habitat degradation increases functional originality in highly diverse coral reef fish assemblages. *Ecosphere* 7, e01557. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1557>.

Bregman, T.P., Lees, A.C., Macgregor, H.E.A., Darski, B., Moura, N.G., Aleixo, A., Barlow, J., Tobias, J.A. 2016. Using avian functional traits to assess the impact of land-cover change on ecosystem processes linked to resilience in tropical forests. *Proc. R. Soc. B.* 283, 20161289.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2016.1289>.

Burner, R.C., Drag, L., Stephan, J.G., Birkemoe, T., Wetherbee, R., Muller, J., Siitonen, J., Snäll, T., Skarpaas, O., Potterf, M., Doerfler, I., Gossner, M.M., Schall, P., Weisser, W.W., Sverdrup-Thygeson, A. 2022. Functional structure of European forest beetle communities is enhanced by rare species. *Biol. Conserv.* 267, 109491. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109491>.

Calsavara, L.C., Lima, M.R., Bochio, G.M., Medeiros, H.R., & Dos Anjos, L. 2023. Bird communities are more functionally redundant in less disturbed Araucaria forest. *Ornith. Res.* 1-8. <https://doi.org/10.1007/s43388-023-00142-4>.

Cardoso, M.R., Matos, F.A.R., Almeida, S.M., Silva, L.C., Cerqueira, P.V., Santos, M.P.D., Edwards, D.P. 2021. Connected riparian reserves retain high avian phylogenetic diversity in Amazonian oil palm, *Biol. Conserv.* 259, 109171, <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109171>.

Cardoso, P., Rigal, F., Carvalho, C. 2015. BAT–Biodiversity Assessment Tools, an R package for the measurement and estimation of alpha and beta taxon, phylogenetic and functional diversity. *Methods Ecol. Evol.* 6, 232–236. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12310>.

Chapman, A.S.A., Tunnicliffe, V., Bates, A.E. 2018. Both rare and common species make unique contributions to functional diversity in an ecosystem unaffected by human activities. *Divers. Distrib.* 24, 568–578. <https://doi.org/10.1111/ddi.12712>.

De Bello, F., Thuiller, W., Lepš, J., Choler, P., Clément, J. C., Macek, P., Sebastià, M., Lavorel, S. 2009. Partitioning of functional diversity reveals the scale and extent of trait convergence and divergence. *J. Veg. Sci.* 20, 475-486. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01042.x>.

Edwards, F.A., Edwards, D.P., Hamer, K.C., Davies, R.G. 2013. Impacts of logging and conversion of rainforest to oil palm on the functional diversity of birds in Sundaland. *Ibis*, 155, 313–326. <https://doi.org/10.1111/ibi.12027>.

Edwards, F.A., Edwards, D.P., Larsen, T.H., Hsu, W.W., Benedick, S., Chung, A., Vun Khen, C., Wilcove, D.S., Hamer, K.C. 2014. Does logging and forest conversion to oil palm agriculture alter functional diversity in a biodiversity hotspot?. *Anim. Conserv.* 17:163–173. <https://doi.org/10.1111/acv.12074>.

Fisher, J.C., Dallimer, M., Irvine, K.N., Aizlewood, S.G., Austen, G.E., Fish, R.D., King, P.M., Davies, Z.G. 2023. Human well-being responses to species' traits. *Nat. Sustainability*, 6, 1219–1227. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01151-3>.

Garnier, E., Cortez, J., Billès, G., Navas, M.-L., Roumet, C., Debussche, M., Laurent, G., Blanchard, A., Aubry, D., Bellmann, A., Neill, C., Toussaint, J. 2004. Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession. *Ecology*, 85, 2630–2637. <https://doi.org/10.1890/03-0799>.

Hansen, M.C., Potapov, P.V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S.A., Tyukavina, A., Townshend, J.R.G. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.

Hasui, E., Martensen, A.C., Uezu, A., Pimentel, R.G., Ramos, F.N., Ribeiro, M.C., & Metzger, J.P. 2024. Populations across bird species distribution ranges respond differently to habitat loss and fragmentation: implications for conservation strategies. *Perspect. Ecol. Conserv.* 22, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2023.11.003>.

Henriques, L.M.P. 2003. Aves de uma plantação de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) no município de Paragominas, leste do Estado do Pará, Brasil. *Ararajuba*. 11,105–110.

Hidasi-Neto, J., Barlow, J., Cianciaruso, M.V. 2012. Bird functional diversity and wildfires in the Amazon: the role of forest structure. *Anim. Conserv.* 15, 407–415. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2012.00528.x>.

IBÁ, 2020. Indústria Brasileira de Árvores. Relatório anual 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. (Acessado em 14 dezembro 2023).

INPE, 2022. Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais. Disponível em: https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/sei_01340_009084_2022_72_notatecnica_estimativa_prodes_2022_revisada_lu_lm_27_10_rev_la-002.pdf. Acesso em: 24/01/2023. (Acessado em 23 fevereiro 2023).

IUCN, 2024. The IUCN Red List of Threatened Species Version 2024-1. Disponível em:

<https://www.iucnredlist.org>. (Acessado em 12 fevereiro 2024).

Jain, M., Flynn, D.F.B., Prager, C.M., Hart, G.M., DeVan, C.M., Ahrestani, F.S., Palmer, M.I., Bunker, D.E., Johannes, M.H., Jouseau, C.F., Naeem, S. 2014. The importance of rare species: a trait-based assessment of rare species contributions to functional diversity and possible ecosystem function in tall-grass prairies. *Ecol. Evol.* 4, 104–112. <https://doi.org/10.1002/ece3.915>.

Kearsley, E., Hufkens, K., Verbeeck, H., Bauters, M., Beeckman, H., Boeckx, P., Huygens, D., 2019. Large-sized rare tree species contribute disproportionately to functional diversity in resource acquisition in African tropical forest. *Ecol. Evol.* 9, 4349–4361. <https://doi.org/10.1002/ece3.4836>.

Laliberté, E., Legendre, P. 2010. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, 91, 299-305. <https://doi.org/10.1890/08-2244.1>.

Laurance, W.F., Camargo, J.L.C., Fearnside, P.M., Lovejoy, T.E., Williamson, G.B., Mesquita, R.C. G., Meyer, C.F.J., Bobrowiec, P.E.D., Laurance, S.G.W. 2018. An Amazonian rainforest and its fragments as a Laboratory of global change. *Biol. Rev.* 93, 223-247. <https://doi.org/10.1111/brv.12343>.

Lees A.C., Moura N.G., De Almeida A.S., Vieira I.C.G. 2015. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. *PLoS ONE*, 10, e0122432. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122432>.

Leitão, R.P., Zuanon, J., Villéger, S., Williams, S.E., Baraloto, C., Fortunel, C., Mendonça, F.P., Mouillot, D. 2016. Rare species contribute disproportionately to the functional structure of species assemblages. *Proc. R. Soc. B*, 283, 20160084. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0084>.

Leclerc, C., Villéger, S., Marino, C., & Bellard, C. 2020. Global changes threaten functional and taxonomic diversity of insular species worldwide. *Divers. Distrib.* 26, 402-414. <https://doi.org/10.1111/ddi.13024>.

- Lyons, K.G., Brigham, C.A., Traut, B.H. And Schwartz, M.W. 2005. Rare Species and Ecosystem Functioning. *Conserv. Biol.* 19, 1019-1024. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00106.x>.
- Luck, G.W., Lavorel, S., McIntyre, S., Lumb, K. 2012. Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *J. Anim. Ecol.* 81, 1065–1076. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01974.x>.
- Luck, G.W., Carter, A., Smallbone, L. 2013. Changes in bird functional diversity across multiple land uses: interpretations of functional redundancy depend on functional group identity. *PloS one*, 8, e63671. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063671>.
- Luiza-Andrade, A., Da Silva, R. R. & Juen, L. 2023. Contribution of rare genera of aquatic insects to functional diversity in streams with multiple land use in the Amazon. *Hydrobiologia* 850, 21–38. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063671>.
- Machado, T.L.S., Santos, M.P.D. & Manzatto, A.G. 2022. Aves de sub-bosque da Estação Ecológica de Cuniã, Rondônia, Brasil: riqueza, biometria e guildas alimentares. *Biota Amazonia*. 12, 16-21.
- Magneville, C., Loiseau, N., Albouy, C., Casajus, N., Claverie, T., Escalas, A., Leprieur, F., Maire, E., Mouillot, D. And Villéger, S. 2022. mFD: an R package to compute and illustrate the multiple facets of functional diversity. *Ecography*, 1, e05904. <https://doi.org/10.1111/ecog.05904>.
- MAPA, 2018. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Diagnóstico da produção sustentável da palma de óleo. Disponível em: http://www.abrapalma.org/pt/wp-content/uploads/2014/12/DIAGNOSTICO_PALMA.pdf. Acessado em 09 março 2023.
- Mason, N.W.H., Mouillot, D., Lee, W.G., Wilson, J.B. 2005. Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos*, 111, 112-118. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x>.
- Malhi, Y., Gardner, T.A., Goldsmith, G.R., Silman, M.R., Zelazowski, P. 2014. Tropical forests in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 125–159. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-030713-155141>.

MARQUES, L.C.T.; YARED, J.A.G.; SIVIERO, M.A. A evolução do conhecimento sobre o paricá para reflorestamento no Estado do Pará. Comunicado Técnico, 2006. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/858325/1/com.tec.158.pdf>.

Acessado em 08 fevereiro 2024.

Micheli, F., Benjamin, S., Halpern, B., Halpern, S. 2005. Low functional redundancy in coastal marine assemblages. *Ecology Letters*, 8, 391-400. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00731.x>.

MMA, 2024. Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima. Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Disponível em: <https://dados.mma.gov.br/dataset/especies-ameacadas>.

Acessado em 08 fevereiro 2024.

Mouchet, M.A., Villéger, S., Mason, N.W.H., Mouillot, D. 2010. Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Func. Ecol.* 24, 867-876. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x>.

Mouillot, D., Bellwood, D.R., Baraloto, C., Chave, J., Galzin, R., Harmelin-Vivien, M., Kulbicki, M., Lavergne, S., Lavorel, S., Mouquet, N., Paine, C.E.T., Renaud, j., Thuiller, W. 2013. Rare species support vulnerable functions in high-diversity ecosystems. *PLoS Biol.* 11.

<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001569>.

Mouillot, D, Graham N.A.J., Villéger, S., Mason, N.W.H., Bellwood, D.R. 2013. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends Ecol. Evol.* 28, 167–177.

<https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.10.004>.

Murray, B.R., Rice, B.L., Keith, D.A, Myerscough, P.J., Howell, J., Floyd, A.G., Mills, K., Westoby, M. 1999. Species in the tail of rank-abundance curves. *Ecology*, 80, 6, 1806-1816.

[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1999\)080\[1806:SITTOR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1999)080[1806:SITTOR]2.0.CO;2).

Neate-Clegg, M.H.C., Sekercioglu, C.H. 2020. Agricultural land in the Amazon basin supports low bird diversity and is a poor replacement for primary forest. *The Condor: Ornithol. Appl.* 122, 1–11.

<https://doi.org/10.1093/condor/duaa020>.

Oksanen, J., Simpson, G.L., Blanchet, F.G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H., Barbour, M., Bedward, M., Bolker, B., Borcard, D., Carvalho, G., Chirico, M., De Caceres, M., Durand, S., Evangelista, H.B.A., FitzJohn, R., Friendly, M., Furneaux, B., Hannigan, G., Hill, M.O., Lahti, L., McGlenn, D., Ouellette, M.H., Cunha, E.R., Smith, T., Stier, A., Ter Braak, C.J.F., Weedon, J. 2017. Vegan: Community Ecology Package. R Package Version 2.6-8. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.vegan>.

Parker III, T.A., Stotz, D.F., Fitzpatrick, J.W. 1996. Ecological and distributional databases. In: STOTZ, D.F.; FITZPATRICK, J.W.; PARKER III, T.A.; MOSKOVITS, D.K. (Ed.). Neotropical birds: ecology and conservation. The University of Chicago Press, Chicago 4, pp. 111–410.

Petchey, O.L., Gaston, K.J. 2006. Functional diversity: back to basics and looking forward. *Ecol. Lett.* 9, 741-758. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00924.x>.

Pigot, A.L., Bregman, T., Sheard, C., Daly, B., Etienne, R.S., Tobias, J.A. 2016. Quantifying species contributions to ecosystem processes: a global assessment of functional trait and phylogenetic metrics across avian seed-dispersal networks. *Proc. R. Soc. B* 283, 20161597. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2016.1597>.

Polo, V., Carrascal, L.M. 2001. Shaping the body size distribution of passeriformes: habitat use and body size are evolutionarily and ecologically related. *J. Anim. Ecol.* 68, 324-337. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00282.x>.

Prescott, G.W., Gilroy, J.J., Haugeaasen, T., Uribe, C.A.M., Foster, W.A., Edwards, D.P. 2016. Reducing the impacts of Neotropical oil palm development on functional diversity. *Biol. Conserv.* 197, 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.02.013>.

R Core Team. 2024. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Rabinowitz, D., Cairns, S., Dillon, T. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: Soule, M.E. (Ed.). *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*. Massachusetts: Sinauer Associates. p. 182-204.

Reveal, J.L. 1981. The concepts of rarity and population threats in plant communities. In: Morse, L.E.; Henefin, M.S (Eds.). *Rare Plant Conservation: Geographical Data Organization*. Bronx: The New York Botanical Garden. p. 41-46. <https://doi.org/10.2307/1221904>.

Sekercioglu, C.H., Wenny, D., Whelan, C.J. 2016. *Why Birds Matter: Avian Ecological Function and Ecosystem Services*. University of Chicago Press, Chicago, USA.

Smith, M.D., & Knapp, A. K. 2003. Dominant species maintain ecosystem function with non-random species loss. *Ecol. Lett.* 6, 509–517. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00454.x>.

Solar, R.R.C., Barlow, J., Andersen, A.N., Schoereder, J.H., Berenguer, E., Ferreira, J.N., Gardner, T.A. 2016. Biodiversity consequences of land-use change and forest disturbance in the Amazon: a multi-scale assessment using ant communities. *Biol. Conserv.* 197, 98–107. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.005>.

Tobias, J.A.; Sheard, C.; Pigot, A.L.; Devenish, A.J.M.; Yang, J.; Sayol, F.; Neate-Clegg, M.H.C.; Alioravainen, N.; Weeks, T.L.; Barber, R.A.; Walkden, P.A.; MacGregor, H.E.A.; Jones, S.E.I.; Vincent, C.; Phillips, A.G.; Marples, N.M.; Montaña-Centellas, F.A.; Leandro-Silva, V.; Claramunt, S.; Darski, B.; Freeman, B.G.; Bregman, T.P.; Cooney, C.R.; Hughes, E.C.; Capp, E.J.R.; Varley, Z.K.; Friedman, N.R.; Korntheuer, H.; Corrales-Vargas, A.; Trisos, C.H.; Weeks, B.C.; Hanz, D.M.; Töpfer, T.; Bravo, G.A.; Remeš, V.; Nowak, L.; Carneiro, L.S.; Moncada R., A.J.; Matysioková, B.; Baldassarre, D.T.; Martínez-Salinas, A.; Wolfe, J.D.; Chapman, P.M.; Daly, B.G.; Sorensen, M.C.; Neu, A.; Ford, M.A.; Mayhew, R.J.; Silveira, L.F.; Kelly, D.J.; Annorbah, N.N.D.; Pollock, H.S.; Grabowska-Zhang, A.M.; McEntee, J.P.; Gonzalez, J.C.T.; Meneses, C.G.; Muñoz, M.C.; Powell, L.L.; Jamie, G.A.; Matthews, T.J.; Johnson, O.; Brito, G.R.R.; Zyskowski, K.; Crates, R.; Harvey, M.G.; Jurado Zevallos, M.; Hosner, P.A.; Bradfer-Lawrence, T.; Maley, J.M.; Stiles, F.G.; Lima, H.S.; Provost, K.L.; Chibesa, M.; Mashao, M.; Howard, J.T.; Mlamba, E.; Chua, M.A.H.; Li, B.; Gómez, M.I.; García, N.C.; Päckert, M.; Fuchs, J.; Ali, J.R.; Derryberry, E.P.; Carlson, M.L.; Urriza, R.C.; Brzeski, K.E.; Prawiradilaga, D.M.; Rayner, M.J.; Miller, E.T.; Bowie, R.C.K.; Lafontaine, R.-M.; Scofield, R.P.; Lou, Y.; Somarathna, L.; Lepage, D.; Illif, M.; Neuschulz, E.L.; Templin, M.; Dehling, D.M.; Cooper, J.C.; Pauwels, O.S.G.; Analuddin, K.; Fjeldså, J.; Seddon, N.; Sweet, P.R.; DeClerck, F.A.J.; Naka, L.N.; Brawn, J.D.; Aleixo, A.; Böhning-Gaese, K.; Rahbek, C.; Fritz, S.A.; Thomas, G.H.; Schleuning, M. 2022. AVONET:

morphological, ecological and geographical data for all birds. *Ecol. Lett.* 25, 581– 597.

<https://doi.org/10.1111/ele.13898>.

Valiente-Banuet, A., Aizen, M.A., Alcántara, J.M., Arroyo, J., Cocucci, A., Galetti, M., García, M.B., García, D., Gómez, J.M., Jordano, P., Medel, R., Navarro, L., Obeso, J.R., Oviedo, R., Ramírez, N., Rey, P.J., Traveset, A., Verdú, M. And Zamora, R. 2015. Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Funct. Ecol.* 29, 299-307.

<https://doi.org/10.1111/1365-2435.12356>.

Vieira, I., Toledo, P., Silva, J., Higuchi, H. 2008. Deforestation and threats to the biodiversity of Amazonia. *Braz. J. Biol.* 68, 949–56, <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000500004>.

Vilela, A.A., Jaccoud, D.B., Rosa, L.P., Freitas M.V. 2014. Status and prospects of oil palm in the Brazilian Amazon. *Biomass Bioenergy.* 67, 270–278.

<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.05.005>.

Vielliard, J.M.E., Almeida, M.E.C, Anjos, L. 2010. Levantamento quantitativo por pontos de escuta e o Índice Pontual de Abundância (IPA). In: Matter, Vons, Straube, F.C., Accordi, I. A, Piacentini, V., Candido-Jr, J. F (Eds.), *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Technical Books, Rio de Janeiro, pp. 47–60.

Villéger, S., Mason, N.W.H., Mouillot, D. 2008. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology*, 89, 2290-2301.

<https://doi.org/10.1890/07-1206.1>.

Violle, C., Thuiller, W., Mouquet, N., Munoz, F., Kraft, N. J. B., Cadotte, M. W., Livingstone, S. W., Mouillot, D. 2017. Functional rarity: The ecology of outliers. *Trends Ecol. Evol.* 32, 356-367. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.02.002>.

West, G.B., Brown, J.H., Enquist, B.J. 1997. A General Model for the Origin of Allometric Scaling Laws in Biology. *Science* 276, 122–126. <https://doi.org/10.1126/science.276.5309.12>.

MATERIAL SUPLEMENTAR

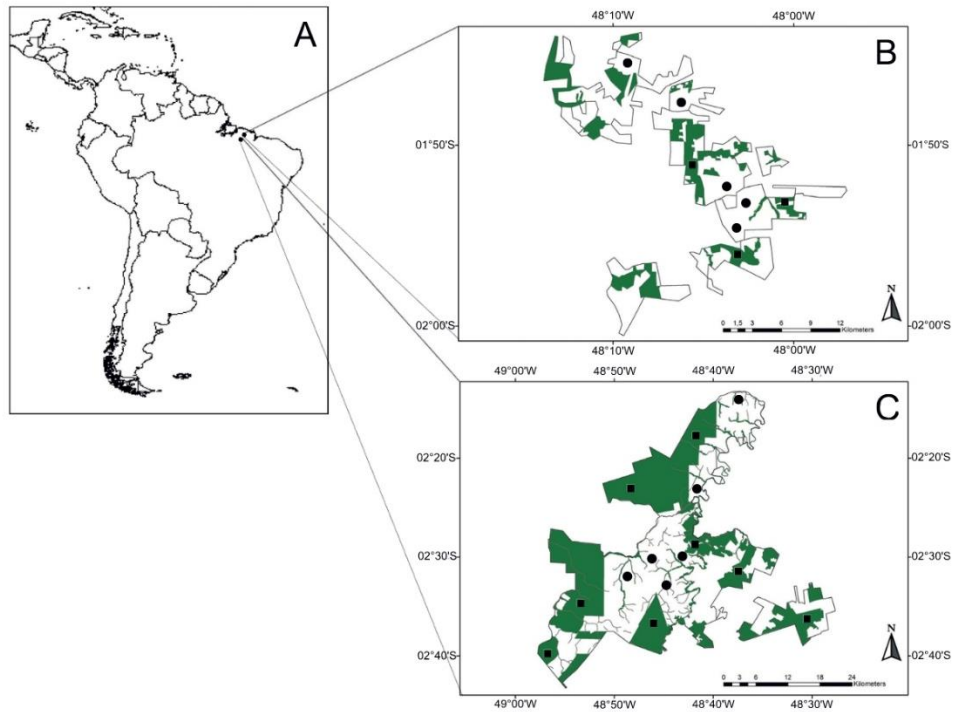


Figura 1 – Mapa da região de estudo no nordeste do estado do Pará, Amazônia oriental, Brasil (A), detalhando a extensão dos complexos agroindustriais e a distribuição de plantações de dendezeiro e fragmentos florestais em cada área de estudo (Biopalma = B; Agropalma = C). As áreas em verde escuro representam os fragmentos florestais e área em branco a plantação de palma-de-dendê. Os círculos pretos representam os transectos em plantação e os quadrados pretos representam os transectos em fragmentos florestais. Figura Retirada de Cardoso *et al.*, 2021.

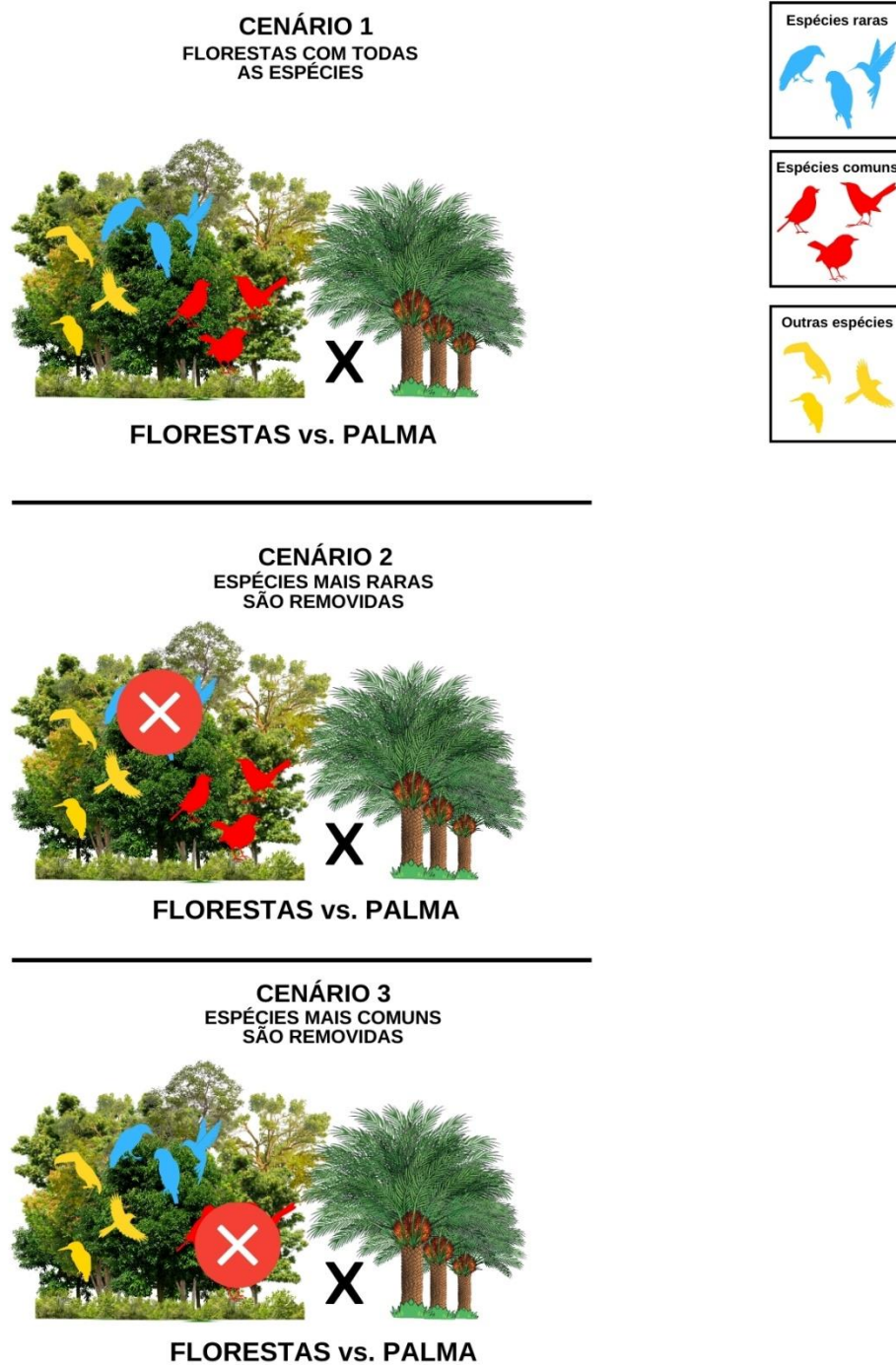


Figura S2 – Representação dos 3 cenários considerados. De cima para baixo: florestas com todas as espécies *versus* plantação de palma-de-dendê; espécies mais raras (25%) são removidas das florestas, e espécies mais comuns (25%) são removidas das florestas.

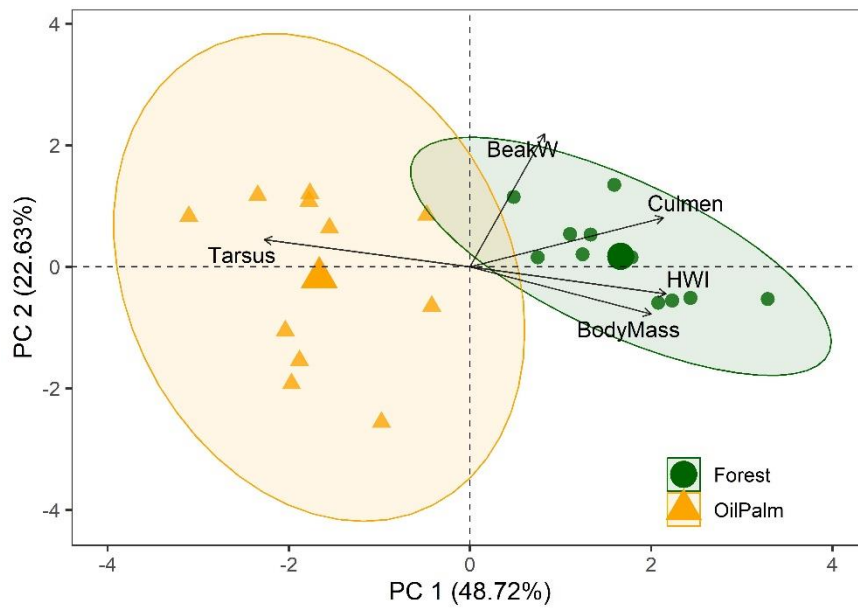


Figura S3. Análise de Componentes Principais (PCA) dos valores médios dos atributos funcionais ponderados pela abundância das espécies (CWM) considerando todas as espécies registradas na floresta, mostrando a relação entre os atributos e os tipos de habitat: fragmentos florestais (pontos verdes) e plantações de palma-de-dendê (triângulos amarelos). Os valores de explicação de cada eixo da PCA são mostrados entre parênteses.

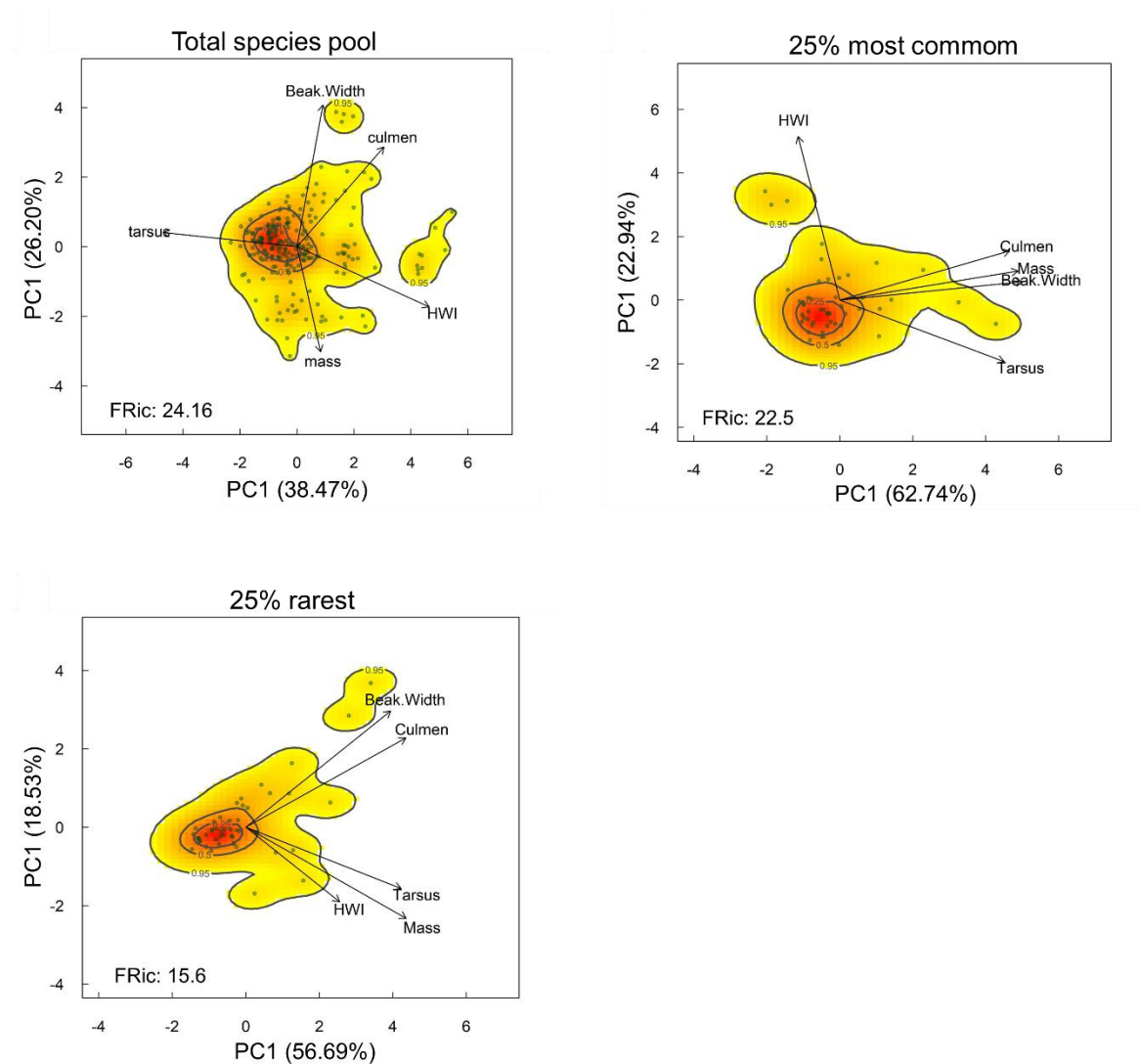


Figura S4. Distribuições probabilísticas de espécies no espaço funcional definidas pelos dois primeiros eixos da análise de componentes principais (PCA) considerando cinco atributos funcionais; as setas indicam a direção e o peso de cada atributo na PCA; o gradiente de cores representa diferentes densidades de espécies no espaço definido, sendo as áreas vermelhas mais densamente ocupadas (*sensu* Carmona et al. 2024: <https://doi.org/10.1111/ddi.13820>).

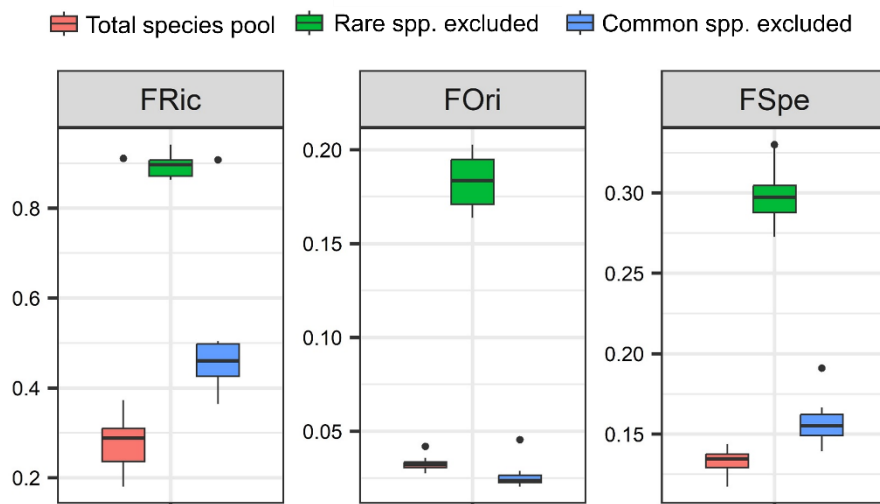


Figura 5 – Parâmetros de diversidade funcional calculados para as comunidades de aves observadas apenas nos fragmentos florestais considerando três diferentes *pools* de espécies: todas as espécies (Total species pool), a exclusão das espécies raras (Rare spp. excluded) e a exclusão das espécies comuns (commom spp. excluded). FRic, Riqueza funcional; FOr, Originalidade funcional; FSpe, Especialização funcional.

Tabela S1-Lista de espécies de aves registradas em fragmentos florestais e áreas de plantio de palma-de-dendê na Amazônia Oriental, estado do Pará.

Nome do táxon	English Name	Palma	Floresta	IUCN	MMA
Tinamiformes					
Tinamidae					
Tinamus guttatus Pelzeln, 1863	White-throated Tinamou		X	NT	
Crypturellus cinereus (Gmelin, 1789)	Cinereous Tinamou		X		
Crypturellus soui (Hermann, 1783)	Little Tinamou	X	X		
Crypturellus strigulosus (Temminck, 1815)	Brazilian Tinamou		X		
Crypturellus variegatus (Gmelin, 1789)	Variegated Tinamou		X		
Columbiformes					
Columbidae					
Patagioenas cayennensis (Bonnaterre, 1792)	Pale-vented Pigeon		X		
Patagioenas plumbea (Vieillot, 1818)	Plumbeous Pigeon		X		
Patagioenas subvinacea (Lawrence, 1868)	Ruddy Pigeon		X		
Geotrygon montana (Linnaeus, 1758)	Ruddy Quail-Dove		X		
Leptotila rufaxilla (Richard & Bernard, 1792)	Gray-fronted Dove	X	X		
Columbina passerina (Linnaeus, 1758)	Common Ground-Dove	X			
Columbina talpacoti (Temminck, 1811)	Ruddy Ground-Dove	X			
Cuculiformes					
Cuculidae					
Crotophaga ani Linnaeus, 1758	Smooth-billed Ani	X			
Tapera naevia (Linnaeus, 1766)	Striped Cuckoo	X			
Coccyzua minuta (Vieillot, 1817)	Little Cuckoo		X		
Piaya cayana (Linnaeus, 1766)	Squirrel Cuckoo		X		
Coccyzus melacoryphus Vieillot, 1817	Dark-billed Cuckoo		X		
Nyctibiiformes					
Nyctibiidae					
Nyctibius griseus (Gmelin, 1789)	Common Potoo		X		
Caprimulgiformes					
Caprimulgidae					
Nyctiphrynus ocellatus (Tschudi, 1844)	Ocellated Poorwill		X		

Lurocalis semitorquatus (Gmelin, 1789)	Short-tailed Nighthawk		X		
Nyctidromus albicollis (Gmelin, 1789)	Common Pauraque	X	X		
Apodiformes					
Trochilidae					
Topaza pella (Linnaeus, 1758)	Crimson Topaz		X		
Florisuga mellivora (Linnaeus, 1758)	White-necked Jacobin		X		
Glaucis hirsutus (Gmelin, 1788)	Rufous-breasted Hermit	X	X		
Phaethornis ruber (Linnaeus, 1758)	Reddish Hermit	X	X		
Phaethornis superciliosus (Linnaeus, 1766)	Long-tailed Hermit		X		
Anthracothorax nigricollis (Vieillot, 1817)	Black-throated Mango	X			
Campylopterus largipennis (Boddaert, 1783)	Gray-breasted Sabrewing		X		
Thalurania furcata (Gmelin, 1788)	Fork-tailed Woodnymph		X		
Chionomesa fimbriata (Gmelin, 1788)	Glittering-throated Emerald		X		
Gruiformes					
Rallidae					
Rufirallus viridis (Statius Muller, 1776)	Russet-crowned Crane	X			
Charadriiformes					
Charadriidae					
Vanellus chilensis (Molina, 1782)	Southern Lapwing	X			
Cathartiformes					
Cathartidae					
Coragyps atratus (Bechstein, 1793)	Black Vulture	X			
Accipitriformes					
Accipitridae					
Elanoides forficatus (Linnaeus, 1758)	Swallow-tailed Kite		X		
Harpia harpyja (Linnaeus, 1758)	Harpy Eagle		X	VU	VU
Spizaetus tyrannus (Wied, 1820)	Black Hawk-Eagle		X		
Harpagus bidentatus (Latham, 1790)	Double-toothed Kite		X		
Rupornis magnirostris (Gmelin, 1788)	Roadside Hawk	X	X		
Buteo nitidus (Latham, 1790)	Gray-lined Hawk	X			
Buteo brachyurus Vieillot, 1816	Short-tailed Hawk		X		
Strigiformes					

Strigidae

Megascops ater (Hekstra, 1982)	Belem Screech-Owl	X
Glaucidium hardyi Vielliard, 1990	Amazonian Pygmy-Owl	X

Trogoniformes**Trogonidae**

Trogon melanurus Swainson, 1838	Black-tailed Trogon	X
Trogon viridis Linnaeus, 1766	Green-backed Trogon	X
Trogon violaceus Gmelin, 1788	Guianan Trogon	X
Trogon rufus Gmelin, 1788	Amazonian Black-throated Trogon	X

Coraciiformes**Momotidae**

Momotus momota (Linnaeus, 1766)	Amazonian Motmot	X
---------------------------------	------------------	---

Coraciiformes**Alcedinidae**

Chloroceryle aenea (Pallas, 1764)	American Pygmy Kingfisher	X
-----------------------------------	---------------------------	---

Galbuliformes**Galbulidae**

Galbula cyanicollis Cassin, 1851	Blue-cheeked Jacamar	X
Galbula dea (Linnaeus, 1758)	Paradise Jacamar	X
Jacamerops aureus (Statius Muller, 1776)	Great Jacamar	X

Bucconidae

Chelidoptera tenebrosa (Pallas, 1782)	Swallow-winged Puffbird	X
Monasa morphoeus (Hahn & Küster, 1823)	White-fronted Nunbird	X
Monasa nigrifrons (Spix, 1824)	Black-fronted Nunbird	X
Malacoptila rufa (Spix, 1824)	Rufous-necked Puffbird	X
Notharchus tectus (Boddaert, 1783)	Pied Puffbird	X
Notharchus hyperhynchus (Sclater, 1856)	White-necked Puffbird	X
Tamatia tamatia (Gmelin, 1788)	Spotted Puffbird	X
Bucco capensis Linnaeus, 1766	Collared Puffbird	X
Nystalus striolatus (Pelzeln, 1856)	Natterer's Striolated Puffbird	X

Piciformes

Ramphastidae

Ramphastos tucanus Linnaeus, 1758	White-throated Toucan						
Ramphastos vitellinus Lichtenstein, 1823	Channel-billed Toucan						
Selenidera gouldii (Natterer, 1837)	Gould's Toucanet						
Pteroglossus aracari (Linnaeus, 1758)	Black-necked Aracari						
Pteroglossus bitorquatus Vigors, 1826	Red-necked Aracari	X	X		NT		VU

Piciformes**Picidae**

Melanerpes cruentatus (Boddaert, 1783)	Yellow-tufted Woodpecker						
Veniliornis affinis (Swainson, 1821)	Red-stained Woodpecker						
Campephilus rubricollis (Boddaert, 1783)	Red-necked Woodpecker						
Dryocopus lineatus (Linnaeus, 1766)	Lineated Woodpecker						
Celeus torquatus (Boddaert, 1783)	Ringed Woodpecker					NT	
Celeus undatus (Linnaeus, 1766)	Waved Woodpecker						
Celeus flavus (Stadius Muller, 1776)	Cream-colored Woodpecker						
Celeus elegans (Stadius Muller, 1776)	Chestnut Woodpecker						
Piculus flavigula (Boddaert, 1783)	Yellow-throated Woodpecker						
Piculus paraensis (Snethlage, 1907)	Belem Woodpecker						
			X				VU

Falconiformes**Falconidae**

Herpetotheres cachinnans (Linnaeus, 1758)	Laughing Falcon	X	X				
Micrastur ruficollis (Vieillot, 1817)	Barred Forest-Falcon						
Micrastur gilvicollis (Vieillot, 1817)	Lined Forest-Falcon						
Caracara plancus (Miller, 1777)	Crested Caracara	X					
Milvago chimachima (Vieillot, 1816)	Yellow-headed Caracara	X					

Psittaciformes**Psittacidae**

Brotogeris versicolurus (Stadius Muller, 1776)	White-winged Parakeet						
Brotogeris chrysoptera (Linnaeus, 1766)	Golden-winged Parakeet						
Pyrrhuloxia vulturina (Kuhl, 1820)	Vulturine Parrot						
Pionus fuscus (Stadius Muller, 1776)	Dusky Parrot						
			X				VU

Pionus menstruus (Linnaeus, 1766)	Blue-headed Parrot		X	
Amazona farinosa (Boddaert, 1783)	Mealy Parrot		X	
Amazona amazonica (Linnaeus, 1766)	Orange-winged Parrot		X	
Pionites leucogaster (Kuhl, 1820)	White-bellied Parrot		X	VU
Deropterus accipitrinus (Linnaeus, 1758)	Red-fan Parrot		X	
Pyrrhura coerulescens Neumann, 1927	Pearly Parakeet		X	VU
Ara macao (Linnaeus, 1758)	Scarlet Macaw		X	
Ara chloropterus Gray, 1859	Red-and-green Macaw		X	
Passeriformes				
Thamnophilidae				
Pygiptila stellaris (Spix, 1825)	Spot-winged Antshrike		X	
Myrmotherula brachyura (Hermann, 1783)	Pygmy Antwren		X	
Myrmotherula axillaris (Vieillot, 1817)	White-flanked Antwren		X	
Myrmotherula longipennis Pelzeln, 1868	Long-winged Antwren		X	
Myrmotherula menetriesii (d'Orbigny, 1837)	Gray Antwren		X	
Formicivora grisea (Boddaert, 1783)	White-fringed Antwren	X		
Iseria hauxwelli (Sclater, 1857)	Plain-throated Antwren		X	
Thamnomanes caesius (Temminck, 1820)	Cinereous Antshrike		X	
Dysithamnus mentalis (Temminck, 1823)	Plain Antvireo		X	
Herpsilochmus rufimarginatus (Temminck, 1822)	Southern Rufous-winged Antwren		X	
Thamnophilus palliatus (Lichtenstein, 1823)	Chestnut-backed Antshrike		X	
Thamnophilus stictocephalus Pelzeln, 1868	Natterer's Slaty-Antshrike		X	
Thamnophilus aethiops Sclater, 1858	White-shouldered Antshrike		X	
Thamnophilus amazonicus Sclater, 1858	Amazonian Antshrike		X	
Cymbilaimus lineatus (Leach, 1814)	Fasciated Antshrike		X	
Taraba major (Vieillot, 1816)	Great Antshrike	X		
Hypocnemoides maculicauda (Pelzeln, 1868)	Band-tailed Antbird		X	
Sclateria naevia (Gmelin, 1788)	Silvered Antbird		X	
Pyriglena leuconota (Spix, 1824)	East Amazonian Fire-eye		X	
Cercomacra cinerascens (Sclater, 1857)	Gray Antbird		X	
Cercomacroides laeta (Todd, 1920)	Willis's Antbird	X	X	
Willisornis vidua (Hellmayr, 1905)	Xingu Scale-backed Antbird		X	

Phlegopsis nigromaculata (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Black-spotted Bare-eye	X	VU
Conopophagidae			
Conopophaga roberti Hellmayr, 1905	Hooded Gnateater	X	
Grallariidae			
Grallaria varia (Boddaert, 1783)	Variiegated Antpitta	X	
Formicariidae			
Formicarius colma Boddaert, 1783	Rufous-capped Anthrush	X	
Formicarius analis (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Black-faced Anthrush	X	
Scleruridae			
Sclerurus macconnelli Chubb, 1919	Tawny-throated Leaftosser	X	
Dendrocolaptidae			
Deconychura longicauda (Pelzeln, 1868)	Long-tailed Woodcreeper	X	
Dendrocincla fuliginosa (Vieillot, 1818)	Plain-brown Woodcreeper	X	
Glyphorhynchus spirurus (Vieillot, 1819)	Wedge-billed Woodcreeper	X	
Dendrocolaptes medius Todd, 1920	Todd's Woodcreeper	X	VU
Xiphorhynchus obsoletus (Lichtenstein, 1820)	Striped Woodcreeper	X	
Xiphorhynchus spixii (Lesson, 1830)	Spix's Woodcreeper	X	
Xiphorhynchus guttatoides (Lafresnaye, 1850)	Lafresnaye's Woodcreeper	X	
Dendroplex picus (Gmelin, 1788)	Straight-billed Woodcreeper	X	X
Lepidocolaptes layardi Sclater, 1873)	Layard's Woodcreeper	X	
Xenopidae			
Xenops minutus (Sparrman, 1788)	Plain Xenops	X	
Furnariidae			
Philydor erythrocerum (Pelzeln, 1859)	Rufous-rumped Foliage-gleaner	X	
Automolus paraensis Hartert, 1902	Para Foliage-gleaner	X	
Synallaxis gujanensis (Gmelin, 1789)	Plain-crowned Spinetail	X	
Synallaxis albescens Temminck, 1823	Pale-breasted Spinetail	X	
Synallaxis rutilans Temminck, 1823	Ruddy Spinetail	X	
Pipridae			
Tyranneutes stolzmanni (Hellmayr, 1906)	Dwarf Tyrant-Manakin	X	
Chiroxiphia pareola (Linnaeus, 1766)	Blue-backed Manakin	X	

Manacus manacus (Linnaeus, 1766)	White-bearded Manakin	X		
Pipra fasciicauda Hellmayr, 1906	Band-tailed Manakin	X		
Pseudopipra pipra (Linnaeus, 1758)	White-crowned Manakin	X		
Cotingidae				
Querula purpurata (Statius Muller, 1776)	Purple-throated Fruitcrow	X		
Lipaugus vociferans (Wied, 1820)	Screaming Piha	X		
Xipholena lamellipennis (Lafresnaye, 1839)	White-tailed Cotinga	X	NT	VU
Tityridae				
Schiffornis turdina (Wied, 1831)	Thrush-like Schiffornis	X		
Laniocera hypopyrra (Vieillot, 1817)	Cinereous Mourner	X		
Iodopleura isabellae Parzudaki, 1847	White-browed Purpletuft	X		
Tityra inquisitor (Lichtenstein, 1823)	Black-crowned Tityra	X		
Tityra cayana (Linnaeus, 1766)	Black-tailed Tityra	X		
Tityra semifasciata (Spix, 1825)	Masked Tityra	X		
Pachyramphus marginatus (Lichtenstein, 1823)	Black-capped Becard	X		
Onychorhynchidae				
Onychorhynchus coronatus (Statius Muller, 1776)	Royal Flycatcher	X		
Terenotriccus erythrurus (Cabanis, 1847)	Ruddy-tailed Flycatcher	X		
Myiobius barbatus (Gmelin, 1789)	Whiskered Flycatcher	X		
Pipritidae				
Piprites chloris (Temminck, 1822)	Wing-barred Piprites	X		
Platyrinchidae				
Platyrinchus saturatus Salvin & Godman, 1882	Cinnamon-crested Spadebill	X		
Platyrinchus platyrhynchos (Gmelin, 1788)	White-crested Spadebill	X		
Rhynchocyclidae				
Mionectes macconnelli (Chubb, 1919)	McConnell's Flycatcher	X		
Rhynchocyclus olivaceus (Temminck, 1820)	Olivaceous Flatbill	X		
Tolmomyias sulphurescens (Spix, 1825)	Yellow-olive Flycatcher	X		
Tolmomyias assimilis (Pelzeln, 1868)	Yellow-margined Flycatcher	X		
Tolmomyias poliocephalus (Taczanowski, 1884)	Gray-crowned Flycatcher	X		
Tolmomyias flaviventris (Wied, 1831)	Yellow-breasted Flycatcher	X	X	
Taeniotriccus andrei (Berlepsch & Hartert, 1902)	Black-chested Tyrant	X		

Myiornis ecaudatus (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Short-tailed Pygmy-Tyrant		X
Hemitriccus griseipectus (Sneath, 1907)	White-bellied Tody-Tyrant		X
Lophotriccus galeatus (Boddaert, 1783)	Helmeted Pygmy-Tyrant		X
Tyrannidae			
Zimmerius gracilipes (Sclater & Salvin, 1868)	Slender-footed Tyrannulet		X
Ornithion inermis Hartlaub, 1853	White-lored Tyrannulet		X
	Southern Beardless-Tyrannulet	X	
Camptostoma obsoletum (Temminck, 1824)	Yellow-bellied Elaenia	X	
Elaenia flavogaster (Thunberg, 1822)	Forest Elaenia		X
Myiopagis gaimardii (d'Orbigny, 1839)	Yellow-crowned Tyrannulet		X
Tyrannulus elatus (Latham, 1790)	Mouse-colored Tyrannulet	X	
Phaeomyias murina (Spix, 1825)	Cinnamon Attila	X	X
Attila cinnamomeus (Gmelin, 1789)	Bright-rumped Attila		X
Attila spadiceus (Gmelin, 1789)	Piratic Flycatcher		X
Legatus leucophaius (Vieillot, 1818)	Rufous-tailed Flatbill		X
Ramphotrigon ruficauda (Spix, 1825)	Dusky-capped Flycatcher		X
Myiarchus tuberculifer (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Short-crested Flycatcher	X	X
Myiarchus ferox (Gmelin, 1789)	Grayish Mourner		X
Rhytipterna simplex (Lichtenstein, 1823)	Great Kiskadee	X	
Pitangus sulphuratus (Linnaeus, 1766)	Streaked Flycatcher	X	
Myiodynastes maculatus (Statius Muller, 1776)	Rusty-margined Flycatcher	X	
Myiozetetes cayanensis (Linnaeus, 1766)	Tropical Kingbird	X	
Tyrannus melancholicus Vieillot, 1819	Variiegated Flycatcher	X	
Empidonomus varius (Vieillot, 1818)	Bran-colored Flycatcher	X	
Myiophobus fasciatus (Statius Muller, 1776)	Fuscous Flycatcher	X	
Cnemotriccus fuscatus (Wied, 1831)			
Vireonidae			
Cyclarhis gujanensis (Gmelin, 1789)	Rufous-browed Peppershrike	X	X
Vireolanius leucotis (Swainson, 1838)	Slaty-capped Shrike-Vireo		X
Hylophilus pectoralis Sclater, 1866	Ashy-headed Greenlet	X	X
Hylophilus semicinereus Sclater & Salvin, 1867	Gray-chested Greenlet		X
Tunchiornis ochraceiceps (Sclater, 1860)	Tawny-crowned Greenlet		X

Vireo chivi (Vieillot, 1817)	Chivi Vireo		X	
Troglodytidae				
Microcerculus marginatus (Sclater, 1855)	Scaly-breasted Wren		X	
Pheugopedius genibarbis (Swainson, 1838)	Moustached Wren	X	X	
Poliopitilidae				
Ramphocaenus melanurus Vieillot, 1819	Long-billed Gnatwren		X	
Turdidae				
Turdus leucomelas Vieillot, 1818	Pale-breasted Thrush	X		
Turdus fumigatus Lichtenstein, 1823	Cocoa Thrush		X	
Turdus albicollis Vieillot, 1818	White-necked Thrush		X	
Fringillidae				
Euphonia cayennensis (Gmelin, 1789)	Golden-sided Euphonia		X	
Passerellidae				
Arremon taciturnus (Hermann, 1783)	Pectoral Sparrow		X	
Icteridae				
Psarocolius viridis (Statius Muller, 1776)	Green Oropendola		X	
Psarocolius bifasciatus (Spix, 1824)	Olive Oropendola		X	
Cacicus cela (Linnaeus, 1758)	Yellow-rumped Cacique		X	
Mitrospingidae				
Lamprospiza melanoleuca (Vieillot, 1817)	Red-billed Pied Tanager		X	
Cardinalidae				
Granatellus pelzelni Sclater, 1865	Rose-breasted Chat		X	VU
Caryothraustes canadensis (Linnaeus, 1766)	Yellow-green Grosbeak		X	
Periporphyrus erythromelas (Gmelin, 1789)	Red-and-black Grosbeak		X	
Cyanoloxia rothschildii (Bartlett, 1890)	Rothschild's Blue Grosbeak		X	
Thraupidae				
Tersina viridis (Illiger, 1811)	Swallow Tanager		X	
Cyanerpes caeruleus (Linnaeus, 1758)	Purple Honeycreeper		X	
Dacnis cayana (Linnaeus, 1766)	Blue Dacnis		X	
Saltator maximus (Statius Muller, 1776)	Buff-throated Saltator		X	
Saltator coerulescens Vieillot, 1817	Grayish Saltator	X		
Saltator grossus (Linnaeus, 1766)	Slate-colored Grosbeak		X	

Coereba flaveola (Linnaeus, 1758)	Bananaquit		X
Volatinia jacarina (Linnaeus, 1766)	Blue-black Grassquit	X	
Coryphospingus cucullatus (Statius Muller, 1776)	Red-crested Finch	X	
Maschalethraupis surinamus (Linnaeus, 1766)	Fulvous-crested Tanager		X
Tachyphonus rufus (Boddaert, 1783)	White-lined Tanager	X	
Ramphocelus carbo (Pallas, 1764)	Silver-beaked Tanager	X	X
Sporophila americana (Gmelin, 1789)	Wing-barred Seedeater	X	
Sporophila nigricollis (Vieillot, 1823)	Yellow-bellied Seedeater	X	
Sporophila minuta (Linnaeus, 1758)	Ruddy-breasted Seedeater	X	
Sporophila angolensis (Linnaeus, 1766)	Chestnut-bellied Seed-Finch	X	
Schistochlamys melanopis (Latham, 1790)	Black-faced Tanager	X	
Ixothraupis punctata (Linnaeus, 1766)	Spotted Tanager		X
Thraupis episcopus (Linnaeus, 1766)	Blue-gray Tanager	X	X
Thraupis palmarum (Wied, 1821)	Palm Tanager	X	X
Stilpnia cayana (Linnaeus, 1766)	Burnished-buff Tanager		X
Tangara gyrola (Linnaeus, 1758)	Bay-headed Tanager		X
Tangara mexicana (Linnaeus, 1766)	Turquoise Tanager		X

Tabela S2. Lista das espécies registradas em fragmentos florestais classificadas como raras e comuns e seus respectivos valores do índice de raridade (IR).

Espécie	RI	Classificação
<i>Taeniotriccus andrei</i>	0.634964379	raras
<i>Deconychura longicauda</i>	0.626143588	raras
<i>Periporphyrus erythromelas</i>	0.625677822	raras
<i>Xipholena lamellipennis</i>	0.623380044	raras
<i>Crypturellus strigulosus</i>	0.614489369	raras
<i>Hemitriccus griseipectus</i>	0.613996074	raras
<i>Euphonia cayennensis</i>	0.610553545	raras
<i>Iodopleura isabellae</i>	0.604273536	raras
<i>Selenidera gouldii</i>	0.602936273	raras
<i>Lepidocolaptes albolineatus</i>	0.602622091	raras
<i>Chiroxiphia pareola</i>	0.602155507	raras
<i>Glaucidium hardyi</i>	0.599173813	raras
<i>Onychorhynchus coronatus</i>	0.599008111	raras
<i>Laniocera hypopyrra</i>	0.597076785	raras
<i>Arremon taciturnus</i>	0.596729887	raras
<i>Myiobius barbatus</i>	0.59391644	raras
<i>Tinamus guttatus</i>	0.593713327	raras
<i>Malacoptila rufa</i>	0.593079565	raras
<i>Hypocnemoides maculicauda</i>	0.59276459	raras
<i>Lamprospiza melanoleuca</i>	0.592387124	raras
<i>Galbula cyanicollis</i>	0.592364038	raras
<i>Platyrrinchus saturatus</i>	0.590374587	raras
<i>Pachyramphus marginatus</i>	0.58929666	raras
<i>Pyrrhura coerulescens</i>	0.588926363	raras
<i>Sclateria naevia</i>	0.588709098	raras
<i>Cymbilaimus lineatus</i>	0.58844473	raras
<i>Bucco capensis</i>	0.587832696	raras
<i>Jacamerops aureus</i>	0.586860015	raras
<i>Psarocolius viridis</i>	0.585017976	raras
<i>Ramphotrigon ruficauda</i>	0.583924916	raras
<i>Harpia harpyja</i>	0.583281934	raras
<i>Terentotriccus erythrurus</i>	0.581947892	raras
<i>Dendrocolaptes medius</i>	0.579894297	raras
<i>Turdus albicollis</i>	0.579543977	raras

<i>Formicarius colma</i>	0.579018646	raras
<i>Tunchiornis ochraceiceps</i>	0.577618981	raras
<i>Granatellus pelzelni</i>	0.57524667	raras
<i>Platyrinchus platyrhynchos</i>	0.570743533	raras
<i>Maschalethraupis surinamus</i>	0.56945334	raras
<i>Pyrrhura picta</i>	0.561984724	raras
<i>Synallaxis rutilans</i>	0.561387985	raras
<i>Pteroglossus bitorquatus</i>	0.559716948	raras
<i>Topaza pella</i>	0.559568138	raras
<i>Conopophaga roberti</i>	0.559016534	raras
<i>Pionus fuscus</i>	0.55820384	raras
<i>Xiphorhynchus spixii</i>	0.557948019	raras
<i>Pygoptila stellaris</i>	0.557289046	raras
<i>Tolmomyias assimilis</i>	0.557228703	raras
<i>Saltator grossus</i>	0.556090512	raras
<i>Micrastur gilvicollis</i>	0.555039974	raras
<i>Patagioenas plumbea</i>	0.444377059	comuns
<i>Leptotila rufaxilla</i>	0.444332907	comuns
<i>Thraupis episcopus</i>	0.442902815	comuns
<i>Nyctidromus albicollis</i>	0.441293503	comuns
<i>Monasa nigrifrons</i>	0.440881806	comuns
<i>Legatus leucophaeus</i>	0.440501572	comuns
<i>Buteo brachyurus</i>	0.440471124	comuns
<i>Dacnis cayana</i>	0.439414449	comuns
<i>Cyclarhis gujanensis</i>	0.437342695	comuns
<i>Hylophilus pectoralis</i>	0.435594762	comuns
<i>Myiarchus ferox</i>	0.431181667	comuns
<i>Manacus manacus</i>	0.431138433	comuns
<i>Xiphorhynchus obsoletus</i>	0.43100012	comuns
<i>Ramphastos tucanus</i>	0.427846054	comuns
<i>Chelidoptera tenebrosa</i>	0.42148254	comuns
<i>Dendroplex picus</i>	0.419149353	comuns
<i>Myiopagis gaimardii</i>	0.414139121	comuns
<i>Ramphocelus carbo</i>	0.413671217	comuns
<i>Herpetotheres cachinnans</i>	0.413556095	comuns
<i>Tolmomyias flaviventris</i>	0.413379388	comuns
<i>Nyctibius griseus</i>	0.412907022	comuns

<i>Coccyzus melacoryphus</i>	0.412069953	comuns
<i>Herpsilochmus rufimarginatus</i>	0.410303094	comuns
<i>Thamnophilus amazonicus</i>	0.409873672	comuns
<i>Thalurania furcata</i>	0.40936055	comuns
<i>Brotogeris chrysoptera</i>	0.409356009	comuns
<i>Vireo chivi</i>	0.408027332	comuns
<i>Phaethornis superciliosus</i>	0.405600885	comuns
<i>Tangara mexicana</i>	0.404063185	comuns
<i>Patagioenas subvinacea</i>	0.398788501	comuns
<i>Tyrannetes stolzmanni</i>	0.395935725	comuns
<i>Cacicus cela</i>	0.395730366	comuns
<i>Patagioenas cayennensis</i>	0.391978344	comuns
<i>Attila spadiceus</i>	0.388108892	comuns
<i>Coereba flaveola</i>	0.387748715	comuns
<i>Thraupis palmarum</i>	0.386970426	comuns
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0.383971251	comuns
<i>Glyphorynchus spirurus</i>	0.382518833	comuns
<i>Dryocopus lineatus</i>	0.380425177	comuns
<i>Pionus menstruus</i>	0.376183357	comuns
<i>Pyriglena leuconota</i>	0.373040083	comuns
<i>Myrmotherula axillaris</i>	0.366268556	comuns
<i>Piaya cayana</i>	0.363125869	comuns
<i>Tolmomyias sulphurescens</i>	0.361246532	comuns
<i>Momotus momota</i>	0.356758786	comuns
<i>Lipaugus vociferans</i>	0.325930332	comuns
<i>Amazona amazonica</i>	0.323056635	comuns
<i>Pheugopedius genibarbis</i>	0.259910954	comuns
<i>Phaethornis ruber</i>	0.231241814	comuns
<i>Cercomacra cinerascens</i>	0.230230166	comuns

Tabela S3 - Diferenças médias nos parâmetros de diversidade funcional registrados para as comunidades de aves observadas em fragmentos florestais Amazônia Oriental

considerando o pool total de espécies e exclusão das espécies mais raras. FOrí = originalidade funcional; FSpe = especialização funcional; FRic = riqueza funcional.

Métrica	Total <i>pool</i> (T)	Raras excluídas (R)	Diferença (R-T)	Diferença (%)
FOrí	0.032 (0.003)	0.18 (0.01)	0.15	15%
FSpe	0.13 (0.007)	0.30 (0.01)	0.17	17%
FRic	0.33 (0.19)	0.89 (0.02)	0.56	56%

Tabela S4 - Diferenças médias nos parâmetros de diversidade funcional registrados para as comunidades de aves observadas em fragmentos florestais Amazônia Oriental considerando o *pool* total de espécies e exclusão das espécies mais comuns. FOrí = originalidade funcional; FSpe = especialização funcional; FRic = riqueza funcional.

Métrica	Total <i>pool</i> (T)	Comuns excluídas (C)	Diferença (C-T)	Diferença (%)
FOrí	0.03 (0.003)	0.02 (0.006)	-0.01	-1%
FSpe	0.13 (0.007)	0.15 (0.01)	0.02	2%
FRic	0.33 (0.19)	0.48 (0.14)	0.15	15%