



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE BIOCIÊNCIAS - DBIO
CURSO DE ECOLOGIA

RODRIGO COELHO DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPACIAL NA DIVERSIDADE BIOLÓGICA DE AVES EM UMA
PAISAGEM URBANA CONTENDO ÁREAS VERDES**

MOSSORÓ-RN

2024

RODRIGO COELHO DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPACIAL NA DIVERSIDADE BIOLÓGICA DE AVES EM UMA
PAISAGEM URBANA CONTENDO ÁREAS VERDES**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ecologia.

**Orientador(a): Prof. Dr. Leonardo
Fernandes França**

MOSSORÓ-RN

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

0048v Oliveira, Rodrigo Coelho de Oliveira.
Variação espacial na diversidade biológica de
Aves em uma paisagem urbana contendo áreas verdes
/ Rodrigo Coelho de Oliveira Oliveira. - 2024.
54 f. : il.

Orientador: Leonardo Fernandes França França. Coorientadora:
Luciana Vieira de Paiva Paiva. Monografia
(graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2024.

1. Composição. 2. Heterogeneidade estrutural.
3. Conectividade. 4. Diversidade beta. 5. Riqueza de espécies.
I. França, Leonardo Fernandes França, orient. II.
Paiva, Luciana Vieira de Paiva, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RODRIGO COELHO DE OLIVEIRA

**VARIAÇÃO ESPACIAL NA DIVERSIDADE BIOLÓGICA DE AVES EM UMA
PAISAGEM URBANA CONTENDO ÁREAS VERDES**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ecologia

Defendida em: 08/04/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo Fernandes França (UFERSA)
Presidente

Profa. Dra. Luciana Vieira de Paiva (UFERSA)
Membro Examinador

Prof. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer e demonstrar meu profundo reconhecimento aos membros da banca avaliadora por dedicarem seu tempo e expertise na análise deste estudo. Também expresso minha gratidão a todos os docentes do curso de Ecologia da UFERSA, em especial à Dra. Luciana Paiva e ao Dr. Leonardo França, cujas orientações e *insights* valiosos foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e que, certamente, levarei comigo em minha trajetória acadêmica e profissional.

Agradeço de coração aos meus familiares, em especial à minha mãe, Francisca Maria, ao meu pai, José Evandro, à minha avó, Maria Alsenir, e aos meus irmãos, Thiago Coelho, Isadora Ágata e Eva Valentina, pelo carinho, apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo de toda minha jornada acadêmica. Agradeço também ao meu tio, José Evaldo, por ter me incentivado a retomar o curso de Ecologia em um momento em que havia desistido da área ambiental. Suas palavras serviram de estímulo e foram fundamentais para manter minha motivação e perseverança naquilo em que acredito.

Quero expressar minha gratidão à equipe da ECOPAN (Laboratório de Pesquisa em Ecologia de Populações Animais) da qual fiz parte durante dois anos, com destaque especial para Pedro Teófilo, que me orientou durante a elaboração e execução do meu projeto de TCC. Agradeço também a Isabele, Railton, Saulo, Rayanison (Ray), Carlos Allan, Marina, Ana Paula (Paulinha) e todos os demais. Seu apoio e colaboração foram fundamentais para meu crescimento na área da ornitologia. Agradeço a cada um de vocês pela valiosa parceria e troca de experiências.

Também não poderia deixar de mencionar minha namorada, Thais, pela presença constante, apoio e carinho que foram imprescindíveis durante este percurso. E aos meus amigos, Leodécio, Kleiton, Cleverson, Adriano, Eduarda, Rilari, e Neudo, meus sinceros agradecimentos por estarem sempre ao meu lado, proporcionando apoio emocional e momentos de descontração que foram cruciais para manter o equilíbrio em meio aos desafios acadêmicos. A todos os amigos que não foram mencionados, saibam que vocês também estão incluídos neste agradecimento. Fui abençoado e fiz muitos amigos ao longo desta jornada, tantos que seria impossível listar todos aqui.

Cada um de vocês desempenhou um papel significativo em minha jornada, e por isso, minha gratidão é imensa. Obrigado por fazerem parte desta conquista e por tornarem este caminho tão especial e recompensador.

RESUMO

O estudo investigou como a estrutura e a conectividade do ambiente natural afetam a diversidade de Aves em áreas parcialmente urbanizadas com vegetação antropizada da Caatinga. Descobrimos que a heterogeneidade estrutural do ambiente, incluindo corpos d'água e vegetação, juntamente com a conectividade com áreas mais naturais, influencia a riqueza e a composição das Aves. O estudo ocorreu em Mossoró/RN, na região periférica da cidade, onde é possível notar um mosaico que envolve paisagem urbana e fragmentos com elementos naturais. Foram no total de 251 horas de registro em 61 visitas a campo, abordando 7 paisagens com o método de Ponto Fixo e 5 trilhas com o método Transecto de linha. Sendo 123 horas de amostragem em 37 visitas a campo para o método de Ponto Fixo e 128 horas para o método de Transecto de Linha em 24 visitas. No qual 99 espécies foram registradas no método de Pontos Fixos e 95 espécies foram vistas por meio do método de Transecto de Linha. Totalizando 107 espécies encontradas na área de estudo. Entre os pontos estudados, houve uma amplitude de variação de 25 a 29 espécies entre os ambientes mais e menos heterogêneos quanto à presença de elementos naturais. A diversidade beta revelou diferenças entre locais com mais e menos heterogeneidade estrutural interna, revelando que ambos os ambientes têm composições de espécies distintas. Deste modo, paisagens menos heterogêneas em sua estrutura e menos conectadas a grandes fragmentos apresentaram menor riqueza de espécies e menor semelhança com ambientes mais naturais. Alguns obstáculos mostraram potencial para obscurecer estas conclusões, especialmente uma questão metodológica relacionada à seleção das medidas de diversidade biológica, assim como, o não enquadramento de todos os pontos amostrais nos padrões ecológicos identificados. Apesar dos obstáculos, o estudo avança no entendimento da ecologia urbana das Aves, enfatizando a influência dos elementos naturais em ambientes urbanos, na região da Caatinga. Estes conhecimentos avançam na busca por uma maior diversidade biológica de Aves nas áreas urbanas e fornecer *insights* para políticas públicas de zoneamento urbano. Destaca-se também a importância de uma abordagem cuidadosa na seleção das medidas de diversidade biológica para uma interpretação precisa dos padrões locais nas comunidades.

Palavras-chave: composição; heterogeneidade estrutural; conectividade; diversidade beta; ecologia; riqueza de espécies.

ABSTRACT

The study investigated how the structure and connectivity of the natural environment affect bird diversity in partially urbanized areas with anthropized vegetation in the Caatinga. We found that the structural heterogeneity of the environment, including water bodies and vegetation, along with connectivity to more natural areas, influences the presence and composition of birds. The study took place in Mossoró/RN, in the peripheral region of the city, where it is possible to observe a mosaic ranging from urban landscape to fragments with natural elements. A total of 251 hours of recording were conducted in 61 field visits, covering 7 landscapes with the Fixed Point method and 5 trails with the Line Transect method. This comprised 123 hours of sampling in 37 field visits for the Fixed Point method and 128 hours for the Line Transect method in 24 visits. Ninety-nine species were recorded using the Fixed Point method and 95 species were observed through the Line Transect method, totaling 107 species found in the study area. Among the points studied, there was a variation range of 25 to 29 species between the most and least heterogeneous environments. Beta diversity revealed differences between sites with more and less internal structural heterogeneity, indicating that both environments have distinct species compositions. Thus, less heterogeneous landscapes in their composition and less connected to large fragments showed less resemblance to natural environments. However, some obstacles showed potential to obscure these conclusions, especially a methodological issue related to the selection of biological diversity measures, as well as the non-fitting of all sampling points into identified ecological patterns. Despite the obstacles, the study advances in understanding urban bird ecology, emphasizing the influence of natural elements in urban environments in the Caatinga. This knowledge aims to increase bird biodiversity in cities and provide insights for urban zoning policies, promoting the creation of more green spaces. The importance of a careful approach in selecting species richness estimators for an accurate interpretation of biological diversity patterns is also highlighted.

Keywords: beta diversity; composition; connectivity; ecology; species richness; structural heterogeneity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Território da UFERSA	16
Figura 2	–	Localização: Transecto de Linha	17
Figura 3	–	Localização: Ponto Fixo	17
Figura 4	–	Curva de rarefação dos estimadores de riqueza	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Estimadores de riqueza de espécies	28-29
Tabela 2	–	Índice de similaridade: Ponto Fixo	30
Tabela 3	–	Índice de similaridade: Transecto de Linha	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASA - Abelhas Semiárido

CBRO - Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos

CE - Centro de Engenharias

CEPAS - Centro de Estudos da Pesca e Aquicultura Sustentável

ICE - Incidence-based Coverage Estimator

UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	MÉTODOS	15
2.1	Área de Estudo	15
2.2	Métodos de Amostragem	17
2.3	Classificação dos Ambientes de Estudo	19
2.4	Análise de Dados	23
3	RESULTADOS	27
4	DISCUSSÃO	31
5	REFERÊNCIAS	34
6	APÊNDICES	40

1. INTRODUÇÃO

Os espaços verdes urbanos desempenham um papel relevante na conservação da diversidade de Aves locais (Sandström *et al.*, 2006; Aznarez *et al.*, 2022). A qualidade desses refúgios é influenciada por diversos fatores naturais, como a presença de plantas nativas, o tamanho das áreas vegetadas e a proporção entre elementos naturais e antrópicos nestes espaços (Sandström *et al.*, 2006; Toledo *et al.*, 2012). Além disso, também são relevantes alguns aspectos estruturais da paisagem, tais como a heterogeneidade do habitat, o tamanho das manchas de habitat, o nível de isolamento das manchas e a conectividade com corpos hídricos (Roth, 1979; Chamberlain *et al.*, 2007; Jasmani *et al.*, 2017; Perillo *et al.*, 2017; Zorzal *et al.*, 2021). Todos estes elementos exercem impacto sobre a complexidade da comunidade da fauna que se estabelece em áreas urbanas (Roth, 1979; Chamberlain *et al.*, 2007; Jasmani *et al.*, 2017; Zorzal *et al.*, 2021). Assim, uma visão mais aprofundada da ecologia das Aves nas áreas urbanas pode ser alcançada com estudos que objetivem compreender como os elementos naturais na paisagem urbana interagem e influenciam a ocorrência destes animais.

Diante da importância dos espaços verdes urbanos para a conservação da fauna local, torna-se fundamental compreender como a estrutura interna desses locais e a conectividade entre eles influenciam a ocorrência das Aves. Alguns relatos apontam relação entre a qualidade da paisagem natural e a riqueza e composição das assembleias regionais (Van Rensburg *et al.*, 2009; Norton *et al.*, 2016; Joyce *et al.*, 2018). Em geral, mudanças no uso da terra associadas à urbanização levam à menor diversidade biológica nas comunidades de Aves (Van Rensburg *et al.*, 2009), o que se traduz em uma paisagem homogênea, com menor riqueza de espécies e alta similaridade na composição de espécies em áreas degradadas (Van Rensburg *et al.*, 2009; Joyce *et al.*, 2018). Estruturas internas como complexidade da vegetação e a conectividade são aspectos que parecem ser relevantes na determinação da diversidade de Aves em ambientes urbanos (Kang *et al.*, 2015). De forma complementar, e igualmente significativa, os níveis de ruídos antrópicos em um ambiente natural apresentaram impactos negativos consideráveis sobre a riqueza de espécies de Aves em parques urbanos (Perillo *et al.*, 2017). A influência dos ruídos antrópicos estende-se à modificação na frequência de vocalização de algumas Aves em ambientes urbanos (Slabbekoorn;

Peet; 2003), impactando potencialmente os aspectos reprodutivos das espécies, a dinâmica populacional e consequentemente, a ocorrência das espécies. O tamanho da área verde e a presença de corpos hídricos também são fatores considerados importantes para determinar a riqueza das Aves (Chamberlain *et al.*, 2007). Portanto, o manejo adequado das áreas verdes nesses ambientes é uma ação que pode ajudar na manutenção de uma maior diversidade biológica nas cidades, durante o processo de urbanização (Sandström *et al.*, 2006; De Toledo *et al.*, 2012). Mais especificamente, conhecer os parâmetros que são relevantes para descrever a complexidade destas áreas verdes, dentre eles conectividade e heterogeneidade de elementos naturais na paisagem, pode auxiliar no planejamento das áreas verdes com foco não só no bem-estar humano, mas também na manutenção de comunidades mais complexas da fauna nativa.

As Aves são consideradas um grupo carismático frequentemente utilizado na sensibilização humana para a conservação da natureza (Clucas *et al.*, 2008; Veríssimo *et al.*, 2009). Além disso, são uma presença comum nos ambientes urbanos (Chiari *et al.*, 2010; Campbell *et al.*, 2022), tornando-as candidatas apropriadas como espécies guarda-chuva para a conservação de comunidades naturais nesses ambientes (Savard *et al.*, 2000; Sattler *et al.*, 2014; e.g. Suter *et al.*, 2002). Sendo utilizadas também como bons bioindicadores de qualidade ambiental em ambientes urbanos (Morelli *et al.*, 2021), e como bioindicadores de poluição em corpos hídricos, revelando poluentes como microplásticos, metais e poluentes orgânicos (Maznikova *et al.*, 2024). Destacando-se a importância da conservação das Aves.

Na região de Caatinga, o grupo apresenta aproximadamente 4,3% de espécies endêmicas (Silva *et al.*, 2003) e representam 28,6 a 30,8% de todas as espécies que ocorrem no Brasil (total de espécies do Brasil: 1971 – CBRO, 2024; Hauff, 2010; Araujo; Silva, 2017). Dentre elas, 509 espécies são residentes da Caatinga, com 33% ocorrendo em ambientes florestais, 39% em regiões de vegetação aberta e 28% entre regiões de florestas e áreas com vegetação aberta ou semiaberta (Araujo; Silva, 2017). A alta riqueza de espécies de Aves na região de Caatinga, juntamente com a variedade de ambientes que ocupam, desde formações vegetais densas até áreas mais abertas, além da alta resistência a impactos humanos são elementos positivos para sua ocorrência nos ambientes urbanos (Silva *et al.*, 2003; Araujo; Silva, 2017). Além disso, a capacidade das

Aves de explorar uma ampla gama de habitats naturais na Caatinga (Araujo; Silva, 2017) sugere uma certa plasticidade comportamental e ecológica que pode ser importante para sua ocorrência nos ambientes urbanos. Deste modo, as Aves reúnem características diversas que são promissoras para os estudos de conservação da natureza nos ambientes urbanos, tais como, alto apelo conservacionista, alta diversidade biológica e fatores ecológicos que favorecem sua adaptação nestes ambientes. Compreender os efeitos da estrutura espacial dos habitats naturais urbanos sobre a ocorrência deste grupo pode ajudar a orientar políticas de planejamento ambiental urbano, contribuindo não apenas para sua conservação, mas também das demais espécies nativas capazes de ocorrer nestes habitats marcados pela presença humana.

Os levantamentos faunísticos podem ser usados para auxiliar estudos que visam compreender como as assembleias de Aves reagem às mudanças no habitat, especialmente aquelas associadas à urbanização. Estes estudos, além de ampliar o conhecimento disponível sobre a ocorrência das Aves em ambientes antrópicos, auxiliam na tomada de decisão sobre a conservação de espaços verdes urbanos. Assim, o presente estudo teve como objetivo realizar um levantamento de espécies de Aves em uma localidade urbanizada, contendo fragmentos de áreas verdes e onde os elementos naturais e antrópicos se mesclam para constituir a paisagem. A partir deste levantamento, foi avaliada a relação entre parâmetros da diversidade biológica das Aves (riqueza e composição de espécies) e parâmetros espacialmente estruturados dos espaços verdes (conectividade e estrutura interna dos ambientes naturais).

2. MÉTODO

2.1 - Área de estudo

Dentre os biomas sul-americanos, a Caatinga destaca-se por apresentar altas temperaturas anuais médias, além de baixas taxas de umidade relativa do ar e precipitação anual reduzida (Prado, 2003), caracterizando-se como um ambiente semiárido. As precipitações são concentradas durante o verão austral,

distribuindo-se de forma irregular ao longo do período chuvoso, e ocasionalmente ocorrem anos com precipitações abaixo da média, desencadeando eventos de seca extrema (Velloso *et al.*, 2002; Hauff, 2010). Esses padrões climáticos conferem peculiaridades a esse ambiente (Leal *et al.*, 2005), que por sua vez podem influenciar a forma como a fauna interage com as paisagens urbanizadas. O presente estudo ocorreu no Campus de Mossoró da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (Ufersa). Esta é uma instituição de educação superior pública federal situada no Rio Grande do Norte. A sede da Ufersa fica nas proximidades do Rio Mossoró (5.20°N 37.32°W) na ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional, no Bioma Caatinga. A universidade é dividida em lado leste e oeste pela BR-110. As coletas abrangeram os locais de mata alterada remanescente de Caatinga, áreas de arborização urbana e rural com vegetação exótica e locais mais antropizados. Parte da área amostral estava imersa na matriz urbana local e parte estava integrada à borda de áreas naturais antropizadas que se estendem para fora do limite mais urbanizado no local (Figura 1).



Figura 1. Território da Ufersa, campus Mossoró/RN (vermelho), inserido na matriz local urbanizada e na matriz local natural antropizada.



Figura 2. Localização dos Transectos de Linha no território da Ufersa. Transecto 1: Vermelho (Espaço ASA/Prédio Central); Transecto 2: Amarelo (Ginásio/Pomar); Transecto 3: Azul escuro (Pomar/CEPAS); Transecto 4: Azul claro (Lagoa/Setor de transportes); Transecto 5: Laranja (Usina Solar/Central de engenharias - CE).



Figura 3. Localização dos Pontos Fixos no território da UFERSA. Ponto-1 (Espaço ASA), ponto-2 (Hospital Veterinário), ponto-3 (Ginásio), ponto-4 (Pomar), ponto-5 (CEPAS), ponto-6 (Lagoa) e ponto-7 (Usina Solar).

2.2 - Métodos de amostragem

O levantamento das espécies de Aves foi feito através de dois métodos: Transecto de Linha (Figura 2) e Ponto Fixo (Figura 3). O método de Transecto consistiu em anotar os nomes das espécies do local em questão por meio da

visualização ou audição das vocalizações dos indivíduos no local, listando as espécies presentes até que todo o transecto fosse percorrido em uma velocidade padronizada totalizando uma hora de trilha em um transecto de 1 km. As espécies de Aves observadas/ouvidas eram registradas uma única vez por amostragem e por transecto. As informações anotadas nas listas foram: data, horário, nome da espécie, condições climáticas e local onde o indivíduo ou grupo de indivíduos foi visto. Terminado um transecto, uma nova lista em outro transecto era iniciada e esse processo ocorreu sucessivamente até que fossem percorridos todos os transectos. Para identificação das espécies utilizamos o banco de dados do Wikiaves, E-bird, Xeno-canto e de guias de Aves como: Pantanal: Guia de aves (Antas, 2004), Aves do Brasil: Guia Prático (Bini, 2009), Todas as Aves do Brasil 2ª edição (Souza, 2004), e o guia de Aves costeiras de Icapuí/CE (Albano *et al.*, 2007).

A amostragem por Pontos Fixo consistiu na utilização de pontos de observação/audição nas áreas amostrais onde a amostragem era iniciada cinco minutos após a chegada do observador, visando a ambientação para a dessensibilização das Aves. Após este tempo a amostragem era iniciada e as Aves eram identificadas de maneira visual e auditiva durante 15 minutos. As informações anotadas foram: data, horário, nome da espécie e condições climáticas.

As amostragem em transectos ocorreram três vezes na semana, entre às 05h20 e às 10h40 da manhã, totalizando cinco dias de transecto por ciclo, começando em uma unidade amostral diferente a cada dia de amostragem. Exemplo: Dia 1: Sequência 1, 2, 3, 4, 5; Dia 2: sequência 2, 3, 4, 5 e 1 e, assim sucessivamente, visando que todos os pontos fossem amostrados em todos os horários de amostragem. Foi utilizado um total de cinco transectos com cerca de um quilômetro cada, quatro situados no lado leste e um no lado oeste (Figura 2). As amostragens em pontos focais de observação/audição (Pontos Fixos) também abrangeram toda a extensão urbanizada da universidade (Figura 3), iniciando às 5h20 e terminando às 8h40 da manhã. Foram usados sete pontos focais, sendo dois no lado oeste e cinco no lado leste (Figura 3). Os sete pontos foram amostrados em todos os horários possíveis dentro do intervalo de duração da amostragem definido anteriormente (5h20 - 8h40). De forma que isso evite algum viés relacionado ao horário de atividade das espécies de Aves nos locais.

Ambos os métodos foram amostrados separadamente, iniciando um ao término do ciclo do outro. Por exemplo, o método de Ponto Fixo tem duração de cinco visitas a campo em diferentes dias, no fim dessas visitas se inicia o método de Transecto por Linha que por sua vez tem duração de sete visitas a campo, no qual esse padrão vai se repetindo a cada término de ciclo durante toda a amostragem do estudo, sempre variando os métodos. Isso se repetiu durante toda a coleta de dados. As coletas ocorreram dentro das duas estações predominantes na Caatinga, sendo elas a estação seca e estação chuvosa, ao longo dos meses de Janeiro à Agosto do ano de 2023. Ao todo ocorreram 24 dias de amostragem com o método de Transecto totalizando 128 horas de amostragem e 37 dias com o método de Ponto Fixo com 123 horas de amostragem, totalizando 61 visitas à campo com 251 horas de registro para ambos métodos.

2.3 - Classificação dos ambientes de estudo

Em busca de padronizar o significado de ambiente natural para caracterização dos ambientes investigados no corrente estudo, os pontos amostrais foram classificados seguindo o estudo de Mausner (1996), o qual distinguiu as paisagens em:

1 - Ambientes totalmente naturais: São ambientes que o nível de presença humana é quase zero, o ambiente aparenta intocado de forma que pode-se notar a presença de elementos naturais como estruturas geológicas (montanhas e rios), e elementos naturais como árvores presentes de maneira abundante, havendo também riscos à vida humana;

2 - Ambientes naturais civilizados: São ambientes semelhantes aos ambientes totalmente naturais, apresentando elementos com aparência intocada e sem impactos evidentes em sua estrutura, porém há presença humana, podendo ser utilizado para atividades que ainda mantêm a dominância de elementos naturais. O ambiente é mais acessível em termos de facilidade para locomoção humana. Exemplo de ambiente natural civilizado: uma mata com trilhas para caminhada ou uma praia oceânica distante e pouco visitada, áreas rurais onde não há predomínio de monoculturas;

3 - Ambientes quase naturais: São aqueles ambientes em que a presença humana é facilmente notada, apresentando elementos naturais, porém com uma aparência artificial, um ambiente rearranjado pelo ser humano, aparentando uma natureza “perfeita”. A presença do humano nesses ambientes se limita apenas à apreciação estética. Exemplo de ambientes quase naturais: um parque urbano com árvores e jardins;

4 - Ambientes semi-naturais: Ambientes no qual é possível notar coexistência entre elementos naturais e não-naturais, em que os humanos conseguem conviver com esses elementos. Esses ambientes estão muito mais próximos a áreas densamente povoadas do que uma área natural civilizada;

5 - Ambientes não-naturais: São aqueles ambientes no qual se classificam como “muito afetado pelo homem” em que elementos naturais são completamente destruídos não sobrando espaço conservado nesses ambientes. Exemplo de ambiente não-naturais são aqueles ambientes que foram usados pela indústria da mineração, em que a estrutura natural dela foi modificada/destruída havendo pouca ou nenhuma possibilidade de sucessão ecológica.

De acordo com o que foi relatado no estudo de Mausner (1996), todos os pontos amostrais aqui utilizados foram ambientes que mais se enquadraram na categoria ambientes semi-naturais (Classe 4). Porém, esses ambientes se diferenciavam quanto ao grau de heterogeneidade estrutural da paisagem e conectividade com outras áreas naturais maiores.

Todos os ambientes estudados de fato englobaram características naturais e, também, aspectos não naturais. Abaixo está apresentada uma descrição subjetiva dos ambientes, partindo do mais para o menos natural, no intuito de mensurar o grau de heterogeneidade da estrutura natural nos ambientes e ordená-los segundo este aspecto. Em ordem estão descritos os pontos fixos (itens 1 à 7) e os transectos (itens 8 à 12):

1 - Lagoa: Área verde com 30.941 m² de área nas coordenadas de 5°12'34"S e 37°19'01"W, apresentando uma lagoa sazonal em sua estrutura com vegetação indo da rasteira até árvores grandes com mais de quatro metros de altura. Porém,

é uma área que está rodeada de estruturas e atividades humanas. As atividades exercidas dentro desta área em sua maioria são de cunho científico.

2 - CEPAS: Área verde situada próximo ao prédio nomeado como CEPAS. É em parte ocupada de elementos não naturais como prédios e estradas além da presença humana. Porém apresenta uma matriz natural estruturada com diversos tipos de vegetação, indo da rasteira até árvores com mais de quatro metros de altura. Além disso, apresenta uma área sazonalmente alagada em seu interior. A condição de alagamento permanece apenas durante os meses mais chuvosos do ano (aproximadamente 2 meses). Possui uma área aproximada de 46.217 m² com coordenadas de 5°12'28"S e 37°19'11"W. A priori as atividades exercidas dentro desta área em sua maioria são de cunho científico.

3 - Espaço ASA: Ambiente que contém vegetação em toda sua extensão com árvores esparsas e de diferentes tamanhos, um jardim com flores e estruturas não naturais como prédios e trilhas, e apresenta uma área de 4.665 m² com coordenadas de 5°12'12"S e 37°19'44"W.

4 - Usina Solar: A área em questão é situada próxima à usina solar da UFERSA. Nela é possível observar uma mata de borda, geralmente com vegetação indo de rasteira até médio porte em sua maioria e a presença de solo exposto é comum neste local. Apresenta uma área de aproximadamente 5.236 m² com coordenadas de 5°12'45"S e 37°18'54"W.

5 - Pomar: Área situada próximo às estruturas não naturais tais como prédios, postes, caminhos e estradas. Apresenta atividade humana constante, porém esse local se caracteriza pela diversidade de elementos naturais como árvores, pedras e relevo acidentado. É uma área semelhante a quase-natural levando em consideração que muitos dos elementos naturais ali presentes são provenientes de atividades humanas, tais como plantações perenes de espécies frutíferas. O local apresenta área de 21.479 m² com coordenadas de 5°12'19"S e 37°19'17"W.

6 - Ginásio: Área situada próximo ao ginásio poliesportivo da UFERSA, apresentando árvores de médio porte, sendo elas esparsas com solo exposto, calçadas e calçamento para passagem de veículos. Há atividade humana frequente nas proximidades. Este local está rodeado por estruturas não naturais

tais como prédios, postes, ruas e calçadas. Apresenta uma área de 15.123 m² com coordenadas de 5°12'18"S e 37°19'36"W.

7 - Hospital veterinário: Área com vegetação rasteira em toda sua extensão, poucas árvores, lixo e estruturas não naturais, além da presença constante de pessoas. Essa área fica sem vegetação de tempos em tempos devido à capina mecânica, ficando o solo totalmente exposto. Apresenta uma área de 2.843 m² com coordenadas de 5°12'09"S e 37°19'43"W.

8 - Lagoa/Setor de transportes: Vai da lagoa até o setor de transportes da UFERSA com média de um quilômetro de extensão. Essa trilha assim, como a anterior, tem diversos aspectos de ambiente natural e ambiente não natural, é um local bastante arborizado com presença de corpo hídrico e vegetação de diversos, apresentando desde vegetação rasteira até árvores de médio a grande porte. Também há indícios de atividades agrícolas, apresentando solo exposto por meio do uso de máquinas e presença de prédios durante seu percurso. Ponto inicial: 5°12'31"S e 37°19'02"W; Ponto final: 5°12'45"S e 37°18'43"W.

9 - Pomar/CEPAS: Vai do pomar até o CEPAS com média de um quilômetro de extensão. Na trilha é notada a presença da urbanização tais como prédios, trânsito de carros, pessoas e ruídos de maquinários. Porém, na área verde próxima a lagoa pode-se notar a presença de vários elementos naturais como árvores, vegetação rasteira e corpo hídrico, além de algumas plantações nos arredores da trilha. Ponto inicial: 5°12'21"S e 37°19'17"W; Ponto final: 5°12'30"S e 37°19'05"W.

10 - Usina Solar/Central de engenharias - CE: Vai da usina solar até próximo ao prédio central de engenharias com média de um quilômetro de extensão. Esse também é um ambiente bastante impactado pelas ações humanas, apresentando uma vegetação rasteira e com árvores de médio e grande porte por toda sua extensão. Há elementos não naturais como prédios, construções, estradas e trilhas abertas. Ponto inicial: 5°12'39"S e 37°18'52"W; Ponto final: 5°12'24"S e 37°19'17"W.

11 - Ginásio/Pomar: Esse transecto tem em média um quilômetro de extensão e segue do espaço verde ao lado do ginásio e vai até o pomar. É possível observar elementos como vegetação rasteira, árvores esparsas, plantação, campos com gramas, solo exposto, prédios, ruídos de carros e equipamentos agrícolas. Nota-se

que é uma trilha que é bem mesclada entre área verde e ambiente urbano. Ponto inicial: 5°12'17"S e 37°19'37"W; Ponto final: 5°12'20"S e 37°19'14"W.

12 - Espaço ASA/Prédio Central: Essa trilha tem em média um quilômetro de extensão e segue do espaço ASA até a frente do prédio central do lado oeste da UFERSA, pegando locais urbanos com presença de vegetação natural e solo exposto por influência humana. É possível observar elementos de vegetação rasteira e algumas árvores distantes uma da outra durante a trilha, assim como prédios e plantações entre a vila masculina e a central de aulas. A presença humana nessa trilha é bem comum, e é possível perceber sons de carros e máquinas agrícolas durante o percurso. Ponto inicial: 5°12'34"S e 37°19'01"W; Ponto final: 5°12'10"S e 37°19'33"W.

Sobre a conectividade dos pontos fixos com outras áreas, maiores e com predomínio de elementos naturais, é possível notar uma progressiva redução de conectividade dos pontos com estas áreas ao longo da seguinte sequência de pontos Usina Solar→ lagoa→ CEPAS→ Pomar. Os pontos Asa e Hospital veterinário estavam na borda ou próximo da borda, respectivamente, de outra grande área com predomínio de elementos naturais. O ponto Ginásio foi o mais desconectado das grandes áreas naturais (Figura 3).

Sobre a conectividade dos transectos lineares com áreas maiores, onde predominaram elementos naturais, o transecto Ginásio/Pomar foi o mais desconectado das áreas mais naturais. Seguido do Asa/Prédio-central que em parte margeou uma das áreas naturais maiores. Os três outros fragmentos margeavam ou adentravam uma das grandes áreas naturais sendo o Pomar/CEPAS mais próximo à ponta terminal da área e o Usina Solar/Central-Engenharia relativamente mais distante na ponta terminal.

2.4 - Análise de dados

Para mensurar a complexidade das assembleias utilizamos parâmetros de medição de diversidade biológica, calculados no programa Estimates (Versão 9.1.0).

Avaliamos os seguintes estimadores de riqueza de espécies como potenciais medidas a serem usados nas análises: ICE, Chao2, Jackknife2 e Michaelis-Menten. Objetivamos selecionar as medidas mais adequadas para estimar a riqueza de espécies no conjunto de dados do corrente estudo. Estes foram pré-selecionados pois, são estimadores que trabalham com dados de incidência (presença/ausência) de espécies (Magurran, 2011).

O estimador ICE não se adequou aos dados devido a necessidade de grande esforço amostral, visto que em sua formulação as espécies são categorizadas como raras quando aparecem em menos de 10 amostras. Logo, uma fração grande das espécies aqui amostradas seriam consideradas raras, o que não reflete a realidade dos dados.

Um estudo que testou sete estimadores de riqueza de espécies apontou o Chao2 como mais preciso e menos tendencioso ao viés do esforço amostral (Walther; Martin, 2001). Neste estudo, Chao foi o mais preciso e com menos dependência de novas amostras para estimar a riqueza de espécies, obtendo-se uma melhor estabilidade entre todos os demais estimadores (Walther; Martin, 2001). No estudo de Silva & Coddington (1996), abordando a riqueza de espécies em uma comunidade de aracnídeos em Pakitza/Peru, foi observado que os estimadores Chao1 e Chao2 eram mais resistentes do que os estimadores Jackknife, ao viés decorrente de subamostragem. Um elemento importante notado neste estudo foi que a concordância entre o Jackknife e Chao poderia indicar um resultado robusto de estimativa de riqueza de espécies (Silva; Coddington, 1996).

Os estimadores Jackknife de primeira e segunda ordem que foram testados no trabalho que abordou estimadores de riqueza de espécies em uma comunidade de Aves foram considerados bastante imprecisos para amostras tardias, ou seja, aquelas nas quais a curva de riqueza observada termina próxima à assíntota (Walther; Martin, 2001). Portanto, não sendo estimadores adequados quando as curvas de acúmulo de espécies estabilizam apenas ao final da amostragem.

Ainda no estudo feito em Parkitza/Peru, o estimador Michaelis-Menten apresentou comportamento irregular para pequenos conjuntos de dados que representam amostragens esparsas (Silva; Coddington, 1996). Quando usado em dados de banco de sementes de uma floresta pluvial, a abordagem subestimou a riqueza de espécies em amostras pequenas (Colwell; Coddington, 1994). Poucos

estudos foram encontrados sobre este estimador, principalmente quanto à sua capacidade de estimar a riqueza em situações com amostragens maiores.

Testamos, com os dados do corrente estudo, a capacidade de estabilização das curvas de rarefação dos estimadores utilizados. Este é um procedimento adequado para avaliar o desempenho dos estimadores em conjuntos específicos de dados (baseado em Magurran, 2011). O estimador de Michaelis-Menten em relação aos demais foi o que teve a estabilização mais precocemente de suas curvas (com menos amostras), na maioria das áreas amostrais (Figura 4). Chao2 não estabilizou especialmente em Ginásio, Pomar e Hospital Veterinário (pontos). Este estimador estabilizou melhor com os dados dos transectos, ainda que não tenha se estabilizado sempre (e.g. Espaço ASA/Prédio Central; Figura 4). As curvas do estimador Jackknife2 quase sempre se comportaram de forma semelhante às do estimador Chao2. Ao final das curvas de rarefação Chao2 e Jackknife2 ficaram próximos de se igualarem em três pontos fixos (Lagoa, Ginásio e Usina Solar) e três transectos (Lagoa/Setor de Transporte e Pomar/CEPAS e Usina Solar/Central de Engenharias). Considerando os testes de desempenho disponíveis na literatura e nossas próprias análises de desempenho dos estimadores, optamos tratar como principais os resultados obtidos com o estimador de Michaelis-Menten e como secundários os resultados obtidos com os estimadores Chao2 e Jackknife2.

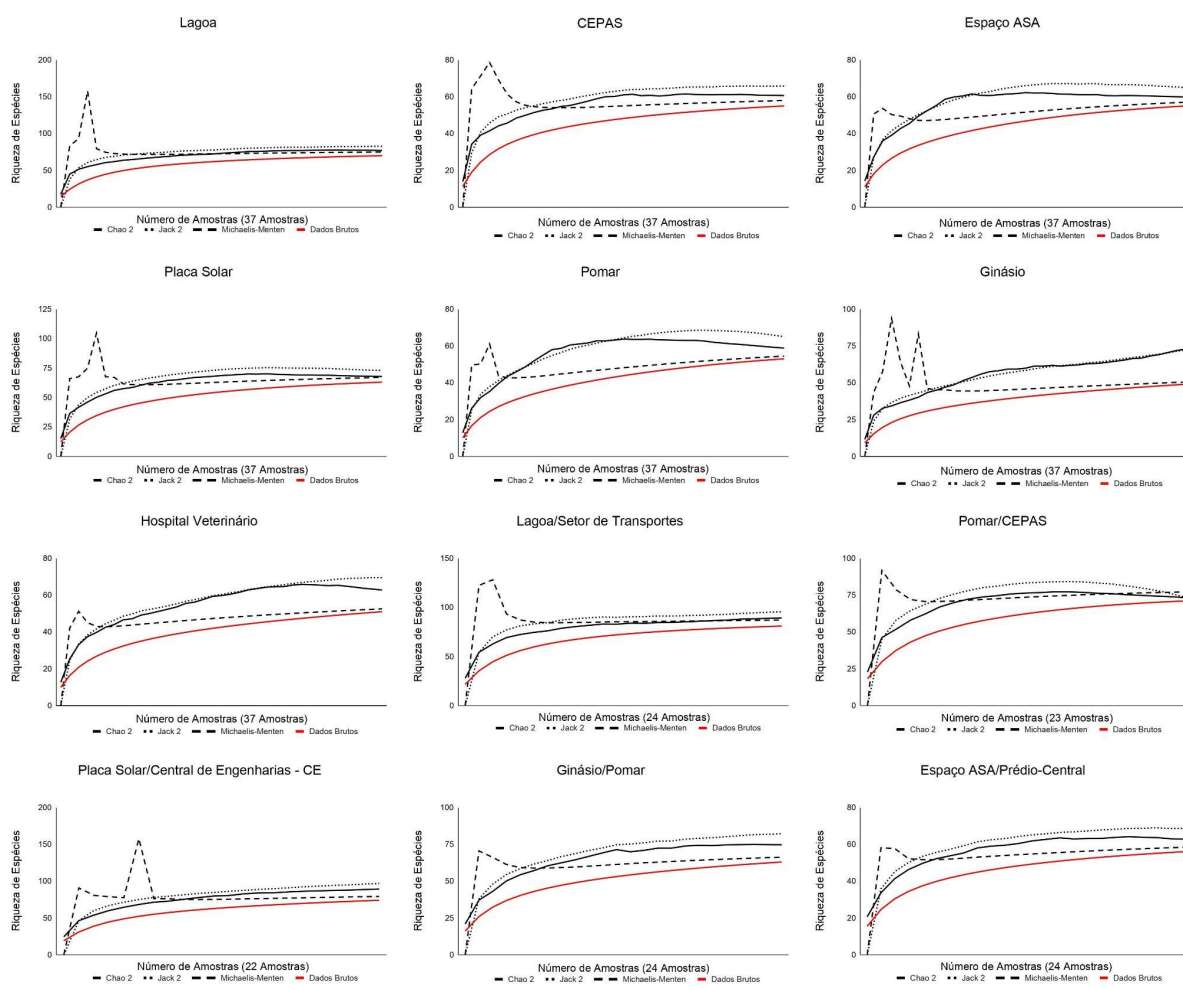


Figura 4. Rarefação da estimativa de riqueza tendo como base os estimadores Chao2 (linha Preta), Jackknife2 (linha Pontilhada), Michaelis-Menten (linha Tracejada) e os dados brutos (linha vermelha). A análise foi aplicada em todas as áreas amostrais (Ponto Fixo e Transecto de Linha) no qual apenas o estimador de riqueza Michaelis-Menten conseguiu estabilizar para a maioria dos pontos amostrais.

Como os dados coletados para esse trabalho foram do tipo presença e ausência de espécies, os índices de similaridade (diversidade β) mais adequados para esse tipo de informação são o índice de Sorensen e o índice de Jaccard (Magurran, 2011). Ambos os índices são de fácil entendimento e se parecem bastante na forma de calcular a similaridade, porém o índice de Sorensen é mais sensível ao número de espécies compartilhadas (Magurran, 2011). O índice de similaridade de Sorensen foi considerado um dos índices mais efetivos para dados de presença/ausência de espécies (Magurran, 2011). Com isso, este índice foi selecionado para o corrente estudo em detrimento do índice de Jaccard.

3. RESULTADOS

Realizamos 61 visitas a campo, um total de 251 horas de esforço amostral, sendo 37 visitas/123 horas de esforço amostral para a execução do método de Ponto Fixo e 24 visitas/128 horas de esforço amostral para o método de Transecto de Linha. As amostragens resultaram em 3607 registros de 99 espécies para o método de Pontos Fixo (Apêndice 1), sendo 11 espécies encontradas apenas através desse método (Apêndice 3). Foram 2786 registros com 95 espécies para o método de Transecto de Linha (Apêndice 2), sendo oito espécies encontradas apenas através desse método (Apêndice 3). Ao todo registramos 107 espécies (Apêndice 1 e 2).

A maior amplitude de variação na riqueza de espécies entre os pontos fixos foi de 25 espécies. entre os pontos Lagoa e Ginásio (Michaelis-Menten), podendo esta diferença ser menor 18 espécies (entre Lagoa e Pomar; de acordo com Chao2 e Jackknife2; Tabela 1). Para o método de Transecto de Linha, tivemos uma amplitude de variação de 29 espécies (Michaelis-Menten; Tabela 1) entre os transectos Lagoa/Setor de Transporte e Espaço ASA/Prédio Central, podendo esta diferença atingir 28 espécies segundo Jackknife2 entre Usina Solar/CE e Espaço ASA/Prédio Central.

Alguns padrões de riqueza e composição de espécies se destacaram quando levado em consideração os aspectos: Elementos naturais das paisagens amostradas e a conectividade destes locais com áreas maiores e mais predominantes em aspectos naturais.

Com relação aos elementos naturais das paisagens nas amostras em pontos fixos, o ponto 'Lagoa' foi o com maior riqueza de espécies, independente do método de análise (riqueza observada, Michaelis-Menten, Jackknife2, Chao2, Tabela 1). Este foi um dos dois pontos com presença de corpo d'água (Lagoa e CEPAS apresentam corpo d'água em sua composição). Por outro lado, o Ginásio e o Hospital veterinário foram os com menor riqueza de espécies de acordo com o principal método de análise (Michaelis-Menten). Estes foram os pontos com menor predominância de árvores e outros elementos naturais. As análises geradas a

partir dos métodos Jackknife2, Chao2 não foram confiáveis, especialmente para lidar com estes dois últimos pontos listados (Figura 4).

Com relação à conectividade dos pontos com outras grandes áreas, onde predominam elementos naturais (Figura 2), os pontos fixos do lado leste apresentaram riqueza menor quanto mais próximo à borda do grande fragmento onde estavam alojados. Especialmente, a riqueza declinou entre Usina Solar → Lagoa → CEPAS → Pomar, nesta respectiva ordem (Figura 3). Além disso, os pontos conectados ao grande fragmento do lado oeste (Asa e Hospital Veterinário), com frequência apresentaram menor riqueza que os pontos conectados ao fragmento do lado leste.

Quanto aos padrões de riqueza em relação aos elementos internos e conectividade dos transectos de linha, a riqueza de espécies foi menor nos transectos com menor predomínio de elementos naturais (menos árvores e maior cobertura do solo por estruturas antrópicas), assim como, com menor conexão aos fragmentos maiores. Estes transectos foram: ‘Ginásio/pomar’ e ‘Espaço Asa/Prédio-Central’. Por outro lado, os transectos que mais se conectaram à grande área natural do lado leste apresentaram maiores valores de riqueza de espécies, sendo eles ‘Pomar/CEPAS’ e ‘Usina Solar/Central de Engenharias’.

Tabela 1. Estimativa de riqueza de espécies nas áreas amostradas através de Ponto Fixo (Hospital Veterinário, Ginásio, Usina Solar, Pomar, Espaço ASA, CEPAS e Lagoa) e de Transecto de Linha (Usina Solar/CE, ASA/Prédio Central, Ginásio/Pomar, Lagoa/Transportes e Pomar/CEPAS). A amostragem ocorreu de 23/01/2023 até 22/08/2023, no Campus UFERSA - Mossoró.

Pontos Amostrais	Nº de Espécies Registradas	Michaelis-Menten	Chao2	Jackknife 2
Ponto Fixo				
Hospital Veterinário	51	52.56	62.75	69.51
Ginásio	49	50.49	72.84	72.19
Usina Solar	63	67.03	67.86	72.99
Pomar	53	54.49	58.84	64.99
Espaço ASA	55	57.04	59.86	64.99
CEPAS	55	57.96	60.63	65.83

Pontos Amostrais	Nº de Espécies Registradas	Michaelis-Me nten	Chao2	Jackknife 2
Lagoa	70	74.93	76.95	82.75
Transecto de Linha				
Usina Solar/CE	74	79.26	89.27	96.89
Espaço ASA/Prédio Central	55	58.41	62.85	68.61
Ginásio/Pomar	63	66.31	74.74	82.24
Lagoa/Setor de Transporte	81	87.17	89.28	95.49
Pomar/CEPAS	71	77.16	73.42	73.88

Resultados em destaque = pontos amostrais com maior riqueza de espécies.

O grau de similaridade na composição de espécies entre pontos fixos variou entre 64-80%, de acordo com o índice de Sorensen (Tabela 2). Quanto à relação entre a composição de espécies, os elementos internos e a conectividade dos pontos fixos. Os pontos 'Ginásio' e 'Hospital veterinário', menos predominantes em elementos naturais e/ou menos conectados aos grandes fragmentos, foram menos similares aos pontos Lagoa, CEPAS e Usina Solar, pontos mais naturais e mais conectados a um grande fragmento (Tabela 2).

O grau de similaridade através do índice de Sorensen mostrou que os transectos por linha apresentam entre 73-86% de similaridade na composição de espécies (Tabela 3). Quanto à relação composição de espécies, elementos internos e conectividade dos transectos de linha. O transecto 'Espaço ASA/Prédio Central', contendo menos elementos naturais e menor conexão com o grande fragmento do lado leste, foi menos similar aos demais transectos, especialmente em comparação aos transectos com maior predomínio de elementos naturais e mais conectados ao grande fragmento do lado leste (Lagoa/Setor de Transporte, Usina Solar/Central de engenharias e Ginásio/Pomar).

Tabela 2. Índice de similaridade de Sorensen obtido a partir dos dados coletados na amostragem por Ponto Fixo. A amostragem ocorreu de 23/01/2023 até 22/08/2023, no Campus UFERSA - Mossoró.

Ponto Fixo	Lagoa	CEPAS	Espaço ASA	Pomar	Usina Solar	Hospital Veterinário	Similaridade Média
Lagoa	-	0,75	0,75	0,67	0,78	0,68	0,71
CEPAS	0,75	-	0,78	0,72	0,75	0,70	0,73
Espaço ASA	0,75	0,78	-	0,78	0,80	0,77	0,77
Pomar	0,67	0,72	0,78	-	0,79	0,69	0,73
Usina Solar	0,78	0,75	0,80	0,79	-	0,72	0,76
Hospital Veterinário	0,68	0,70	0,77	0,69	0,72	-	0,71
Ginásio	0,64	0,67	0,75	0,74	0,73	0,72	0,71

Similaridade Média = Similaridade média do local em relação aos outros locais.
Valores mais próximos de 1.00 se referem a maior similaridade entre pontos.

Tabela 3. Índice de similaridade de Sorensen obtido a partir dos dados coletados na amostragem por Transecto de Linha. A amostragem ocorreu de 23/01/2023 até 22/08/2023, no Campus UFERSA - Mossoró.

Transecto	Pomar /CEPAS	Lagoa/Setor de Transporte	Usina Solar/CE	Ginásio/Pomar	Similaridade Média
Pomar/CEPAS	-	0,86	0,83	0,83	0,83
Lagoa/Setor de Transporte	0,86	-	0,81	0,81	0,80
Usina Solar/CE	0,83	0,81	-	0,86	0,82
Ginásio/Pomar	0,83	0,81	0,86	-	0,83
Espaço ASA/Prédio Central	0,78	0,73	0,79	0,82	0,78

Similaridade Média = Similaridade média do local em relação aos outros locais.
Valores mais próximos de 1.00 se referem a maior similaridade entre pontos.

4. DISCUSSÃO

Este estudo investigou o impacto da conectividade e da heterogeneidade estrutural do ambiente natural nos padrões de riqueza e composição de espécies de Aves, em um cenário parcialmente urbanizado e cercado por vegetação natural antropizada. Os resultados sugerem que a heterogeneidade estrutural do ambiente, que engloba a presença de corpos d'água, o tipo e a diversidade de vegetação, exercem influência sobre a riqueza de Aves nos ambientes naturais e urbanizados. Um padrão que pode estar relacionado à diversificação de nichos ecológicos locais (Macarthur; Macarthur, 1961). Outros estudos já destacaram que a heterogeneidade estrutural dos habitats atua como preditor de riqueza de espécies (Macarthur; Macarthur, 1961; Roth, 1979; Chamberlain *et al.*, 2007; Jasmani *et al.*, 2017; Perillo *et al.*, 2017; Zorzal *et al.*, 2021). No corrente estudo, foi possível notar que o ponto com maior riqueza de espécies (Lagoa), foi também o com maior heterogeneidade de elementos naturais, algo proporcionado pela presença de um corpo d'água permanente. Por outro lado, a riqueza de Aves foi menor onde a prevalência de elementos naturais era menor (Hospital Veterinário e o Ginásio).

Juntamente com a heterogeneidade estrutural local, a conectividade entre fragmentos também mostrou ser um fator importante para a determinação da riqueza de espécies. Este padrão pôde ser melhor observado comparando-se a riqueza de Aves nos fragmentos do lado leste da área amostral, onde houve um declínio nesta variável quanto mais o fragmento se distanciava da grande área natural antrópica (Usina Solar → Lagoa → CEPAS → Pomar). De modo geral, quando se trata de uma área verde presente em um mosaico de paisagens alteradas, fragmentos mais conectados entre si são mais propensos a comportar uma maior riqueza e abundância de espécies do que fragmentos isolados (Martensen *et al.*, 2008). Esse estudo também apontou que a conectividade foi mais importante para as espécies que apresentam baixa capacidade de movimentação entre a matriz e o fragmento, especialmente espécies sensíveis a perturbações antrópicas (Martensen *et al.*, 2008). Sendo a conectividade um elemento por vezes mais relevante que o tamanho do fragmento (Mörtberg; Wallentinus, 2000; Martensen *et al.*, 2008). Portanto, os resultados do corrente estudo reforçam a importância da conectividade entre fragmentos de habitat na

conservação da diversidade local de Aves, sendo este padrão válido mesmo em um cenário de áreas verdes urbanas.

A heterogeneidade estrutural dos habitats também mostrou ser um fator capaz de afetar a composição de espécies dos espaços verdes. Este padrão pôde ser melhor observado comparando-se os valores do índice de similaridade entre os pontos extremos em heterogeneidade estrutural local. O ponto considerado mais natural (Lagoa) foi mais similar em composição de espécies com os pontos mais naturais (CEPAS, Espaço ASA e Usina Solar), e menos similar comparado aos pontos menos naturais/com maior grau de antropização (Ginásio, Pomar e Hospital Veterinário). Isso corrobora com os resultados de outros estudos, os quais indicam que a heterogeneidade estrutural da paisagem molda a composição de espécies locais (Macarthur; Macarthur, 1961; Roth, 1979; Chamberlain *et al.*, 2007; Jasmani *et al.*, 2017; Perillo *et al.*, 2017; Zorzal *et al.*, 2021). Inclusive com estudos abordando outros grupos taxonômicos, tal como um estudo feito com coleópteros, no qual notou-se que fragmentos que apresentam uma ampla heterogeneidade estrutural também apresentavam uma composição de espécies diferente dos ambientes homogêneos (Pimenta; Marco, 2015). Deste modo, a heterogeneidade local dos ambientes mostrou ser capaz de interferir na composição de espécies de Aves, assim como acontece em outros ambientes cuja formação vegetal nativa é mais úmida e densa do que a vegetação da Caatinga.

Alguns obstáculos mostraram potencial para obscurecer estas conclusões, por exemplo, o Espaço ASA, apesar de possuir mais elementos naturais que alguns pontos próximos a outra grande área natural antropizada (lado leste), apresentou uma das menores riquezas de espécies. Algo que pode estar relacionado ao fato dele ter uma baixa conectividade com o fragmento florestal no entorno dele, assim como, estar ligado a um fragmento de baixa heterogeneidade estrutural. Este ponto amostral está conectado a uma floresta monoespecífica de uma planta invasora (algaroba) (Figura 1 e 3). Outro fator que pode ajudar a explicar o resultado de riqueza de espécie encontrado para este local é a maior presença humana e maior presença de potenciais predadores (gatos). Apesar de não terem sido mensurados, estes fatores foram notados e são capazes de fazer com que certas espécies sejam afugentadas do ambiente. Segundo a teoria de fuga ótima proposta por Ydenberg & Dill (1986) quando o indivíduo é confrontado por um possível predador, o custo do risco de permanecer no local e o custo

energético para fugir serão levados em conta pelo animal antes de empreender fuga. Alguns fatores como o tamanho da espécie prediz a distância onde o indivíduo inicia o processo de fuga e a distância que ele irá percorrer até um refúgio mais seguro (Tätte *et al.*, 2018). Um estudo comportamental recente também relatou que 79% das 178 espécies de Aves estudadas fugiram precocemente ao detectar potenciais predadores, sugerindo que o monitoramento constante da presença de predadores implica em alto custo energético para algumas espécies e que para essas espécies a distância de detecção é o preditor da fuga (Samia; Blumstein, 2015), o que pode ser uma resposta para a baixa riqueza de espécies no ponto Espaço ASA, tendo em vista o alto risco de se permanecer nesse local.

Outro obstáculo para a compreensão dos padrões locais de diversidade biológica está relacionado à incerteza atrelada às estimativas de riqueza de espécies. Uma questão metodológica comumente decorrente do uso de medidas de diversidade biológica. Nesse quesito, é reforçada a necessidade de haver bons critérios para selecionar estimadores de riqueza que expressem a realidade local (Magurran, 2011). Um cuidado adotado no presente estudo, que nos permitiu selecionar medidas em função de critérios e não de seu uso comum na literatura. Um exemplo de potencial confusão na interpretação dos dados surgiu quando alguns estimadores que foram utilizados resultaram em maior riqueza para pontos com menor dominância de elementos naturais (Ginásio e Hospital Veterinário). No entanto, os estimadores que retornaram este resultado (Chao2, Jackknife2), se desempenharam mal ao estimar a riqueza de espécies nestes pontos amostrais em questão. Deste modo, o caso presente é um exemplo de que a seleção criteriosa de estimadores de riqueza de espécies é crucial para uma representação acurada dos padrões de diversidade de espécies, evitando interpretações equivocadas que podem surgir a partir de estimativas enviesadas.

Apesar dos desafios, esta pesquisa contribui para o avanço no entendimento da ecologia urbana das Aves, destacando a relevância das áreas verdes bem estruturadas para a conservação desse grupo em ambientes urbanos (Sandström *et al.*, 2006), inclusive na Caatinga. Tanto a heterogeneidade dos elementos naturais quanto a conectividade do fragmento com outras áreas naturais foram importantes para a diversidade biológica local das Aves, semelhante ao que ocorre em ambientes urbanos sob diferentes condições climáticas (Roth, 1976;

Mörtberg; Wallentinus, 2000; Sandström *et al.*, 2006; Chamberlain *et al.*, 2007; Martensen *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2015; Norton *et al.*, 2016; Jasmani *et al.*, 2017; Perillo *et al.*, 2017; Joyce *et al.*, 2018; Zorzal *et al.*, 2021). No qual a diversidade biológica teve relação positiva com a heterogeneidade da paisagem, de forma que ambientes com corpos hídricos (Chamberlain *et al.*, 2007) com um nível menor de urbanização e com vegetação diversa (Macarthur; Macarthur, 1961; Van Rensburg *et al.*, 2009) com maior conectividade com outros fragmentos (Martensen *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2015) e apresentando um território mais abrangente (Zorzal *et al.*, 2021), expressaram maior riqueza de espécies e uma composição da comunidade de Aves diferente de ambientes homogêneos, antropizados e isolados de outros fragmentos. Algo que pode ser explicado pela diversidade de habitats e outros recursos que esses ambientes disponibilizam para os indivíduos, agindo assim como facilitadores da diversidade biológica nesses locais (Macarthur; Macarthur, 1961; Stein *et al.*, 2014). Isso sugere que os padrões aqui observados podem ser replicados em outros contextos urbanos, destacando a importância da preservação e gestão eficazes dos elementos naturais e da conectividade em prol de promover a diversidade biológica nesses ambientes. Assim, a configuração espacial dos espaços verdes urbanos mostrou ser uma questão importante a ser considerada nas estratégias de conservação de espécies em cidades inseridas no bioma Caatinga. Faz-se imperativa uma reavaliação das políticas de zoneamento urbano para que estas possam melhorar e ampliar a elaboração de espaços verdes dentro das cidades (Niemelä, 1999).

5. REFERÊNCIAS

ALBANO, C.; GIRÃO W.; CAMPOS, A.; PINTO, T. Aves Costeiras de Icapuí. 1ª ed. Fortaleza, CE: **Editora Fundação Brasil Cidadão**, 2007.

ANTAS, P.T.Z.; HAROLDO, P. Jr. Pantanal: Guia de Aves - Espécies da Reserva Particular do Patrimônio Natural do SESC Pantanal. 1ª ed. **Editora SESC Pantanal**, 2004.

AZNAREZ, Celina et al. Wildness and habitat quality drive spatial patterns of urban biodiversity. **Landscape and Urban Planning**, v. 228, p. 104570, 2022.

BINI, E. Aves Do Brasil: Guia Prático. 1ª ed. **Editora Homem Pássaro**, 462 pg. Ilust. Col. Lages, 2009.

CAMPBELL, C. E.; JONES, D. N.; AWASTHY, M.; & CHAUVENET, A. L. How do we study birds in urban settings? A systematic review. **Biodiversity and Conservation**, 31, 1-20, 2022.

CBRO - Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. Disponível em: <http://www.cbro.org.br/>. Acesso em: 20 de março de 2024.

CHIARI, C.; DINETTI, M.; LICCIARDELLO, C.; LICITRA G.; & PAUTASSO M. Urbanization and the more-individuals hypothesis. **Journal of Animal Ecology** 79, p. 366-371, 2010.

CLUCAS, B.; MCHUGH, K.; CARO, T. Flagship species on covers of US conservation and nature magazines. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, p. 1517-1528, 2008.

COLWELL, R. K.; CODDINGTON, J. A. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 345, p. 101-118, 1994.

CHAMBERLAIN, D. E.; GOUGH, S.; VAUGHAN, H.; VICKERY, J. A.; & APPLETON, G. F. Determinants of bird species richness in public green spaces. **Bird Study**, v. 54, p. 87-97, 2007.

DA SILVA, J. M. C.; DE SOUZA, M. A.; BIEBER, A. G. D.; & CARLOS, C. J. Aves da Caatinga: status, uso do habitat e sensibilidade. Ecologia e conservação da Caatinga. **Editora Universitária, Universidade Federal de Pernambuco, Recife**, p. 237-274, 2003.

DE ARAUJO, H. F. P.; & DA SILVA, J. M. C. The Avifauna of the Caatinga: Biogeography, Ecology, and Conservation. Em: SILVA, J. M. C. DA; LEAL, I. R.;

TABARELLI, M. (Eds.). **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. Cham: Springer International Publishing, p. 181–210, 2017.

DE TOLEDO, M. C. B.; DONATELLI, R. J.; & BATISTA, G. T. Relation between green spaces and bird community structure in an urban area in Southeast Brazil. **Urban Ecosystems**, v. 15, p. 111-131, 2012.

EBIRD - Discover a new world in birdwatching. Acesso em: www.ebird.org

GODOI, M. N.; DE SOUZA, F. L.; LAPS, R. R.; & RIBEIRO, D. B. Composition and structure of bird communities in vegetational gradients of Bodoquena Mountains, western Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, p. 211-225, 2016.

GODOI, M. N.; LAPS, R. R.; RIBEIRO, D. B.; AOKI, C.; & DE SOUZA, F. L. Bird species richness, composition and abundance in pastures are affected by vegetation structure and distance from natural habitats: a single tree in pastures matters. **Emu-Austral Ornithology**, v. 118, p. 201-211, 2018.

JASMANI, Z.; RAVN, H. P.; & VAN DEN BOSCH, C. C. K. The influence of small urban parks characteristics on bird diversity: A case study of Petaling Jaya, Malaysia. **Urban ecosystems**, v. 20, p. 227-243, 2017.

JOYCE M.; BARNES M. D.; POSSINGHAM H. P.; & VAN RENSBURG B. J. Understanding avian assemblage change within anthropogenic environments using citizen science data. **Landscape and Urban Planning**, v. 179, p. 81–89, 1 nov. 2018.

KANG, W.; MINOR, E. S.; PARK, C. R.; & LEE, D. Effects of habitat structure, human disturbance, and habitat connectivity on urban forest bird communities. **Urban ecosystems**, v. 18, p. 857-870, 2015.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; & TABARELLI, M. and LACHER JR, T.E. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of northeastern Brazil. **Conservation Biology**, 19, pp.701-706, 2005.

MACARTHUR, R. H.; & MACARTHUR, J. W. On bird species diversity. **Ecology**, v. 42, p. 594-598, 1961.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; & METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological conservation**, v. 141, p. 2184-2192, 2008.

MAUSNER, C. A kaleidoscope model: Defining natural environments. **Journal of environmental psychology**, v. 16, p. 335-348, 1996.

MAGURRAN, A. E. Medindo a diversidade biológica. **Curitiba: Editora da UFPR**, v. 261, 2011.

MAZNIKOVA, Vera N.; ORMEROD, Steve J.; GÓMEZ-SERRANO, Miguel Ángel. Birds as bioindicators of river pollution and beyond: specific and general lessons from an apex predator. **Ecological Indicators**, v. 158, p. 111366, 2024.

MORELLI, Federico et al. Top ten birds indicators of high environmental quality in European cities. **Ecological Indicators**, v. 133, p. 108397, 2021.

MÖRTBERG, U.; & WALLENTINUS, H. G. Red-listed forest bird species in an urban environment—assessment of green space corridors. **Landscape and Urban planning**, v. 50, p. 215-226, 2000.

NIEMELÄ, J. Ecology and urban planning. **Biodiversity & Conservation**, v. 8, p. 119-131, 1999.

NORTON, B. A.; EVANS, K. L.; & WARREN, P. H. Urban Biodiversity and Landscape Ecology: Patterns, Processes and Planning. **Current Landscape Ecology Reports**, v. 1, p. 178–192, 2016.

PARK, C. R.; & LEE, W. S. Relationship between species composition and area in breeding birds of urban woods in Seoul, Korea. **Landscape and urban planning**, v. 51, p. 29-36, 2000.

PERILLO, A.; MAZZONI, L. G.; PASSOS, L. F.; GOULART, V. D.; DUCA, C.; & YOUNG, R. J. Anthropogenic noise reduces bird species richness and diversity in urban parks. **Ibis**, v. 159, p. 638-646, 2017.

PIMENTA, M.; & DE MARCO, P. Leaf beetle (Chrysomelidae: Coleoptera) assemblages in a mosaic of natural and altered areas in the Brazilian Cerrado. **Neotropical entomology**, v. 44, p. 242-255, 2015.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 2, p. 3-74, 2003.

ROTH, R. R. Spatial heterogeneity and bird species diversity. **Ecology**, v. 57, p. 773-782, 1976.

STEIN, A.; GERSTNER, K.; KREFT, H. Environmental heterogeneity as a universal driver of species richness across taxa, biomes and spatial scales. **Ecology letters**, v. 17, p. 866-880, 2014.

SAMIA, D. S. M.; & BLUMSTEIN, D. T. Birds flush early and avoid the rush: an interspecific study. **PLoS One**, v. 10, p. e0119906, 2015.

SANDSTRÖM, U. G.; ANGELSTAM, P.; & MIKUSIŃSKI, G. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. **Landscape and Urban Planning**, v. 77, p. 39-53, 2006.

SATTLER, T.; PEZZATTI G. B.; NOBIS, M. P.; OBRIST, M. K.; ROTH, T.; & MORETTI, M. Selection of multiple umbrella species for functional and taxonomic diversity to represent urban biodiversity. **Conservation biology**, v. 28, p. 414-426, 2014.

SAVARD, J. P. L.; CLERGEAU, P.; MENNECHEZ, G. Biodiversity concepts and urban ecosystems. **Landscape and urban planning**, v. 48, p. 131-142, 2000.

SILVA, D.; & CODDINGTON, J. A. Spiders of Pakitza (Madre de Dios, Perú): species richness and notes on community structure. **Manu: the biodiversity of Southeastern Peru**, 1996.

SOUZA, D.G.S. Todas as Aves do Brasil: Guia de campo para identificação. 2ª ed. **DALL**, 2004.

SUTER, W.; GRAF, R. F.; & HESS, R. Capercaillie (Tetrao urogallus) and avian biodiversity: testing the umbrella-species concept. **Conservation biology**, v. 16, p. 778-788, 2002.

SLABBERKOORN, H.; & PEET, M. Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. **Nature**, v. 424, p. 267–267, 2003.

TÄTTE, K.; MØLLER, A. P.; & MÄND, R. Towards an integrated view of escape decisions in birds: relation between flight initiation distance and distance fled. **Animal behaviour**, v. 136, p. 75-86, 2018.

VAN RENSBURG, B. J.; PEACOCK, D. S.; & ROBERTSON, M. P. Biotic homogenization and alien bird species along an urban gradient in South Africa. **Landscape and urban planning**, v. 92, p. 233-241, 2009.

VERÍSSIMO, D., FRASER, I., GROOMBRIDGE, J., BRISTOL, R., & MACMILLAN, D. C. Birds as tourism flagship species: a case study of tropical islands. **Animal Conservation**, v. 12, p. 549-558, 2009.

WALTHER, Bruno A.; & MARTIN, J.L. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort?. **Ibis**, v. 143, n. 4, p. 413-419, 2001.

WIKIAVES. Observação de aves e ciência cidadã para todos. Acesso em: www.wikiaves.com.br

WHITE, J. G.; ANTOS, M. J.; FITZSIMONS, J. A.; & PALMER, G. C. Non-uniform bird assemblages in urban environments: the influence of streetscape vegetation. **Landscape and urban planning**, v. 71, p. 123-135, 2005.

XENO-CANTO. Sharing wildlife sounds from around the world. Acesso em: www.xeno-canto.org

YDENBERG, R. C.; & DILL, L. M. The economics of fleeing from predators. In: Advances in the Study of Behavior. **Academic Press**, v. 16, p. 229-249, 1986.

ZORZAL, R. R., DINIZ, P., DE OLIVEIRA, R.; & DUCA, C. Drivers of avian diversity in urban greenspaces in the Atlantic Forest. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 59, p. 126908, 2021.

6. APÊNDICES

Apêndice 1. Espécies de Aves registradas para o método de Ponto Fixo. Foram sete pontos fixos, com um total de 99 espécies registradas. A coleta de dados foi feita de 23/01/2023 até 22/08/2023 - Campus UFERSA - Mossoró.

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
<i>Agelaioides fringillarius</i> (von Spix, 1824)	1	1	0	1	1	1	1
<i>Aramides cajaneus</i> (Müller, 1776)	0	1	0	0	1	1	0
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Ardea alba</i>	0	0	0	0	1	0	0

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
(Linnaeus, 1758)							
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	0	0	0	1	0	0	0
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	1	0	0	0
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	0	1	1	0	0
<i>Camptostoma</i> <i>obsoletum</i> (Temminck, 1824)	1	1	1	1	1	1	0
<i>Cantorchilus longirostris</i> (Vieillot, 1819)	1	1	0	1	1	1	1
<i>Certhiaxis</i> <i>cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	1	1	0	1	1	0	0
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838)	0	0	1	0	0	1	1
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	1	0	0	0	1	0	0
<i>Cnemotriccus fuscatus</i> (Wied, 1831)	0	0	1	0	0	1	0
<i>Coccyzus</i> <i>melacoryphus</i> (Vieillot, 1817)	0	1	0	1	1	1	1
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	1	1	0	1	1	1	1
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	0	0	0	1	0	0	0
<i>Columbina minuta</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	0	1	1
<i>Columbina passerina</i> (Linnaeus, 1758)	0	1	0	0	0	0	0
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	0	1	0	1	0	1	1
<i>Columbina talpacoti</i>	1	1	1	1	1	1	1

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
(Temminck, 1809)							
<i>Coryphospingus pileatus</i> (Wied, 1821)	1	1	1	0	1	1	1
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Crotophaga major</i> (Gmelin, 1788)	1	1	0	1	1	1	0
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827)	1	0	0	0	1	1	0
<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815)	1	0	0	0	1	1	0
<i>Cyanocorax cyanopogon</i> (Wied, 1821)	1	0	0	0	0	1	1
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	1	1	1	0	1	1	1
<i>Dendrocygna viduata</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	1	0
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Elaenia chilensis</i> (Hellmayr, 1927)	0	1	0	0	0	0	0
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	0	0	1	1	1	0	0
<i>Empidonomus varius</i> (Vieillot, 1818)	1	1	1	1	1	1	0
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eupetomena macroura</i> (Gmelin, 1788)	0	1	1	0	0	0	1
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Eupsittula cactorum</i> (Kuhl, 1820)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fluvicola albiventer</i> (Spix, 1825)	1	0	0	0	0	0	0

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Formicivora melanogaster</i> (Pelzeln, 1868)	0	0	1	1	0	1	0
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Taczanowski, 1883)	1	0	1	0	0	0	1
<i>Furnarius figulus</i> (Lichtenstein, 1823)	0	0	0	1	0	0	0
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Glaucidium brasilianum</i> (Gmelin, 1788)	1	0	1	1	1	1	1
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	1	1	1	0	0	1	0
<i>Icterus jamacaii</i> (Gmelin, 1788)	1	1	0	0	1	1	1
<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819)	0	1	1	1	1	1	1
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	0	1	0	0	1	1	1
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	1	1	0	1	1	1	1
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	0	0	1	1	0	0	1
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	0	0	0	1	0	1	0
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	0	0	0	0	0	0	1

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Müller, 1776)	0	0	1	0	1	1	1
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Müller, 1776)	1	1	1	0	1	1	1
<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)	1	0	0	0	0	0	0
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Myrmorchilus strigilatus</i> (Wied, 1831)	0	0	0	0	0	1	0
<i>Nystalus maculatus</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	0	0	1	1	1	1	0
<i>Paroaria dominicana</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Picumnus limae</i> (E. Snethlage, 1924)	1	0	0	0	1	1	1
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Lineu, 1766)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Podilymbus podiceps</i> (Lineu, 1758)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Polioptila atricapilla</i> (Swainson, 1831)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Porphyrio martinica</i> (Lineu, 1766)	1	0	0	0	1	0	0
<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789)	0	1	1	1	1	0	0
<i>Pseudoseisura cristata</i> (de Spix, 1824)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817)	1	0	0	0	1	0	0
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sakesphoroides cristatus</i>	0	0	0	0	1	1	0

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
(Wied, 1831)							
<i>Sicalis flaveola</i> (Wied, 1831)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823)	0	0	0	0	0	1	0
<i>Synallaxis frontalis</i> (Pelzeln, 1859)	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tachornis squamata</i> (Cassin, 1853)	0	0	1	0	0	0	0
<i>Tachybaptus dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert, 1783)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	0	1	1	1	0
<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	1	1	0	0	1	1	1
<i>Thamnophilus capistratus</i> (Lesson, 1840)	0	1	1	0	1	1	0
<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	0	0	1
<i>Todirostrum cinereum</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tolmomyias flaviventris</i> (Wied, 1831)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tringa solitaria</i> (Wilson, 1813)	0	0	0	0	1	0	0
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818)	1	0	0	0	0	0	0
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Veniliornis passerinus</i>	0	1	1	1	0	1	1

Espécies (Nome Científico)	CEPAS	Espaço ASA	Ginási o	Hospital Veterinário	Lago a	Usina Solar	Pomar
(Linnaeus, 1766)							
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot, 1817)	1	1	1	0	0	0	0
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1	1	1
<i>Zonotrichia capensis</i> (Müller, 1776)	0	1	1	0	1	1	1

Tabela de presença/ausência de espécies no qual 0 = espécie ausente no local, 1 = espécie presente no local.

Apêndice 2. Espécies de aves registradas para o método de Transecto por Linha. Foram cinco transectos por linha, com um total de 95 espécies registradas. A coleta de dados foi feita de 23/01/2023 até 22/08/2023 - Campus UFERSA - Mossoró.

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Agelaioides fringillarius</i> (von Spix, 1824)	1	0	1	1	1
<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	0	0	0	1	0
<i>Aramides cajaneus</i> (Müller, 1776)	0	0	1	0	0
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	1	1	0
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	1	1	0	1	1
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758)	1	0	0	0	0
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	0	1
<i>Camptostoma obsoletum</i> (Temminck, 1824)	1	1	1	1	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Cantorchilus longirostris</i> (Vieillot, 1819)	1	1	1	1	1
<i>Caracara plancus</i> (J.F. Miller, 1777)	0	1	1	1	0
<i>Certhiaxis cinnamomeus</i> (Gmelin, 1788)	0	0	1	0	1
<i>Chlorostilbon lucidus</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1838)	1	1	1	1	1
<i>Chrysomus ruficapillus</i> (Vieillot, 1819)	0	0	1	1	1
<i>Cnemotriccus fuscatus</i> (Wied, 1831)	0	1	1	1	0
<i>Coccyzus melacoryphus</i> (Vieillot, 1817)	0	0	1	1	1
<i>Coereba flaveola</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1
<i>Colaptes melanochloros</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1
<i>Columba livia</i> (Gmelin, 1789)	1	1	1	1	1
<i>Columbina minuta</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1
<i>Columbina picui</i> (Temminck, 1813)	1	1	1	1	1
<i>Columbina squammata</i> (Lesson, 1831)	1	0	0	0	0
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1809)	1	1	1	1	1
<i>Coryphospingus pileatus</i> (Wied, 1821)	0	1	1	1	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1
<i>Crotophaga major</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1
<i>Crypturellus</i> <i>parvirostris</i> (Wagler, 1827)	0	0	1	1	1
<i>Crypturellus tataupa</i> (Temminck, 1815)	0	1	1	1	1
<i>Cyanocorax</i> <i>cyanopogon</i> (Wied, 1821)	1	1	1	1	1
<i>Cyclarhis gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	1	1	1	1	1
<i>Dendrocygna</i> <i>viduata</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	1	0	0
<i>Elaenia flavogaster</i> (Thunberg, 1822)	0	0	1	0	0
<i>Empidonomus</i> <i>varius</i> (Vieillot, 1818)	1	1	1	1	1
<i>Estrilda astrild</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1
<i>Eupetomena</i> <i>macroura</i> (Gmelin, 1788)	1	1	0	1	0
<i>Euphonia chlorotica</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1
<i>Eupsittula cactorum</i> (Kuhl, 1820)	1	1	1	1	1
<i>Euscarthmus</i> <i>meloryphus</i> (Wied, 1831)	0	0	1	1	0
<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	0	0	0	1	0
<i>Fluvicola nengeta</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	1	0	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Formicivora melanogaster</i> (Pelzeln, 1868)	0	0	0	1	0
<i>Forpus xanthopterygius</i> (Taczanowski, 1883)	0	1	1	1	1
<i>Furnarius figulus</i> (Lichtenstein, 1823)	0	1	1	0	0
<i>Gallinula galeata</i> (Lichtenstein, 1818)	0	0	1	0	1
<i>Glaucidium brasilianum</i> (Gmelin, 1788)	0	1	1	1	1
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1
<i>Hemitriccus margaritaceiventris</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	1	1	1	1	1
<i>Icterus jamacaii</i> (Gmelin, 1788)	0	1	1	1	1
<i>Icterus pyrrhopterus</i> (Vieillot, 1819)	0	1	1	1	1
<i>Jacana jacana</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	1	0	1
<i>Leistes superciliaris</i> (Bonaparte, 1851)	0	0	1	0	0
<i>Lepidocolaptes angustirostris</i> (Vieillot, 1818)	1	1	1	1	1
<i>Leptotila verreauxi</i> (Bonaparte, 1855)	1	1	1	1	1
<i>Machetornis rixosa</i> (Vieillot, 1819)	1	1	0	1	1
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	0	1	1
<i>Melanerpes candidus</i> (Otto, 1796)	0	0	1	0	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	1	1	1	1	1
<i>Molothrus bonariensis</i> (Gmelin, 1789)	1	1	1	1	1
<i>Myiarchus tyrannulus</i> (Müller, 1776)	1	1	1	1	1
<i>Myiodynastes maculatus</i> (Müller, 1776)	1	1	1	1	1
<i>Myiopagis viridicata</i> (Vieillot, 1817)	0	1	1	0	0
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	1	1	1	1	1
<i>Nystalus maculatus</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1
<i>Pachyramphus polychopterus</i> (Vieillot, 1818)	0	0	0	1	0
<i>Paroaria dominicana</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	1	1	1
<i>Picumnus limae</i> (E. Snethlage, 1924)	1	1	1	1	1
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Lineu, 1766)	1	1	1	1	1
<i>Podilymbus podiceps</i> (Lineu, 1758)	0	0	1	0	1
<i>Polioptila atricapilla</i> (Swainson, 1831)	1	1	1	1	1
<i>Porphyrio martinica</i> (Lineu, 1766)	0	0	1	0	1
<i>Progne chalybea</i> (Gmelin, 1789)	1	1	1	1	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
<i>Pseudoseisura cristata</i> (de Spix, 1824)	1	1	1	1	1
<i>Rostrhamus sociabilis</i> (Vieillot, 1817)	0	0	1	0	1
<i>Rupornis magirostris</i> (Gmelin, 1788)	1	1	1	1	1
<i>Sicalis flaveola</i> (Wied, 1831)	1	1	1	1	1
<i>Sporophila albogularis</i> (Spix, 1825)	0	0	1	1	0
<i>Sublegatus modestus</i> (Wied, 1831)	0	0	0	1	0
<i>Tachornis squamata</i> (Cassin, 1853)	1	1	1	1	0
<i>Tachybaptus dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	0	0	1	0	1
<i>Tachycineta albiventer</i> (Boddaert, 1783)	1	0	1	0	0
<i>Tapera naevia</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	1	1	0
<i>Taraba major</i> (Vieillot, 1816)	0	1	1	1	1
<i>Thamnophilus capistratus</i> (Lesson, 1840)	0	1	0	1	1
<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	0	1	0	0	0
<i>Thraupis sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1
<i>Todirostrum cinereum</i>	1	1	1	1	1

Espécies (Nome Científico)	Espaço ASA/Pr édio Central	Ginásio/Pom ar	Lagoa/Set or de Transporte	Usina Solar/CE	Pomar/CEPAS
(Linnaeus, 1766)					
<i>Tolmomyias flaviventris</i> (Wied, 1831)	1	1	1	1	1
<i>Tringa solitaria</i> (Wilson, 1813)	0	0	1	0	0
<i>Troglodytes musculus</i> (Naumann, 1823)	1	1	1	1	1
<i>Turdus rufiventris</i> (Vieillot, 1818)	1	1	1	1	1
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819)	1	1	1	1	1
<i>Vanellus chilensis</i> (Molina, 1782)	1	1	1	1	1
<i>Veniliornis passerinus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0	0	1	1
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	1	1	1	1	1
<i>Zonotrichia capensis</i> (Müller, 1776)	0	1	1	1	1

Tabela de presença/ausência de espécies no qual 0 = espécie ausente no local, 1 = espécie presente no local.

Apêndice 3. Espécies de Aves exclusivas de cada método registradas nos diferentes modos de amostragem (visual e auditiva). Foram quatro transectos: Usina Solar/CE; Ginásio/Pomar; Lagoa/Setor de Transportes; Pomar/CEPAS; e seis pontos: Espaço ASA; Ginásio; Pomar; CEPAS; Lagoa; Usina Solar. A coleta dos dados foi feita de 23/01/2023 até 22/08/2023 - Campus UFERSA - Mossoró.

Espécies (Nome Científico)	Método	Localidade
<i>Ammodramus humeralis</i> (Bosc, 1792)	Transecto	Usina Solar/CE
<i>Thlypopsis sordida</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	Transecto	Ginásio/Pomar
<i>Leistes superciliaris</i> (Bonaparte, 1851)	Transecto	Lagoa/Setor de Transportes
<i>Sublegatus modestus</i> (Wied, 1831)	Transecto	Usina Solar/CE
<i>Sporophila albogularis</i> (Spix, 1825)	Transecto	Lagoa/S. Transportes, Usina Solar/CE
<i>Megaceryle torquata</i> (Linnaeus, 1766)	Transecto	Pomar/CEPAS, Usina Solar/CE
<i>Caracara plancus</i> (J.F. Miller, 1777)	Transecto	Lagoa/S. Transportes, Ginásio /Pomar, Usina Solar/CE
<i>Euscarthmus meloryphus</i> (Wied, 1831)	Transecto	Lagoa/S. Transportes, Usina Solar/CE
<i>Megarynchus pitangua</i> (Linnaeus, 1766)	Pontos Fixos	Lagoa
<i>Aramus guarauna</i> (Linnaeus, 1766)	Pontos Fixos	Lagoa
<i>Myrmorchilus strigilatus</i> (Wied, 1831)	Pontos Fixos	Usina Solar
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782)	Pontos Fixos	Lagoa
<i>Columbina passerina</i> (Linnaeus, 1758)	Pontos Fixos	Espaço ASA
<i>Fluvicola albiventer</i> (Spix, 1825)	Pontos Fixos	CEPAS
<i>Sakesphoroides cristatus</i> (Wied, 1831)	Pontos Fixos	Lagoa, Usina Solar
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823)	Pontos Fixos	Usina Solar

Espécies (Nome Científico)	Método	Localidade
<i>Synallaxis frontalis</i> (Pelzeln, 1859)	Pontos Fixos	Pomar
<i>Turdus leucomelas</i> (Vieillot, 1818)	Pontos Fixos	CEPAS
<i>Vireo chivi</i> (Vieillot, 1817)	Pontos Fixos	Espaço ASA, Ginásio, CEPAS