

Universidade Federal de Uberlândia

Instituto de Biologia

Sabrina Faggion

**Aves Ameaçadas do Cerrado: Distribuição, Associação com a Paisagem e  
Perspectivas para Conservação**

Uberlândia

2024

Sabrina Faggion

**Aves Ameaçadas do Cerrado: Distribuição, Associação com a Paisagem e  
Perspectivas para Conservação**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Universidade Federal de Uberlândia para  
obtenção do título de mestra em Ecologia,  
Conservação e Biodiversidade (Biologia)

Orientadora: Natália Mundim Tôrres

Coorientador: Arthur A. Bispo de Oliveira

Uberlândia

2024

Sabrina Faggion

**Aves Ameaçadas do Cerrado: Distribuição, Associação com a Paisagem e  
Perspectivas para Conservação**

Dissertação de Mestrado apresentada à  
Universidade Federal de Uberlândia para  
obtenção do título de mestra em Ecologia,  
Conservação e Biodiversidade (Biologia)

Orientadora: Natália Mundim Tôrres

Coorientador: Arthur A. Bispo de Oliveira

Uberlândia, 15 de abril de 2024.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Paulo De Marco Jr (UFG)

---

Prof. Dr. Victor Tagliacollo (UFU)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

F154a Faggion, Sabrina, 2000.  
2024 Aves ameaçadas do cerrado [recurso eletrônico]: distribuição, associação com a paisagem e perspectivas para conservação / Sabrina Faggion - 2024.

Orientadora: Natália Mundim Tôrres.

Coorientador: Arthur A. Bispo de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.F154a>

Inclui bibliografia e ilustrações.

1. Ecologia do cerrado. 2. Espécies em extinção. 3. Biodiversidade. 4. Avifauna. I. Tôrres, Natália Mundim, 1981- (Orient.). II. Oliveira, Arthur A. Bispo de, 1980- (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Biologia. Programa de Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade. III. Título.

CDU: 574



## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia,  
Conservação e Biodiversidade

Av. Pará, 1720, Bloco 2D, Sala 26 - Bairro Umarama, Uberlândia-MG, CEP 38405-320  
Telefone: (34) 3225-8641 - www.pggeco.ib.ufu.br - ecologia@umarama.ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ecologia, Conservação e Biodiversidade				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico, número 341, PPGEGB				
Data:	quinze de abril de dois mil e vinte e quatro	Hora de início:	09:20	Hora de encerramento:	12:00
Matrícula do Discente:	12222ECR01112				
Nome do Discente:	Sabrina Faggion				
Título do Trabalho:	AVES AMEAÇADAS DO CERRADO: DISTRIBUIÇÃO, ASSOCIAÇÃO COM A PAISAGEM E PERSPECTIVAS PARA CONSERVAÇÃO				
Área de concentração:	Ecologia				
Linha de pesquisa:	Ecologia aplicada e conservação				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Tornando modelos de distribuição geográfica mais aplicáveis para a conservação de espécies				

Reuniu-se por videoconferência a Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade assim composta pelos doutores: Paulo De Marco Júnior - UFG; Victor Alberto Tagliacollo - INBIO/UFU e Natália Mundim Tôrres - INBIO/UFU, orientador(a) do(a) candidato(a).

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr(a).Natália Mundim Tôrres, apresentou a Comissão Examinadora e o(a) candidato(a), agradeceu a presença do público e concedeu ao(à) Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do(a) Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o(a) senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado.

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente

ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Natalia Mundim Torres, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/04/2024, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Victor Alberto Tagliacollo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 15/04/2024, às 12:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo De Marco Júnior, Usuário Externo**, em 15/04/2024, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5326267** e o código CRC **BA4D8D2F**.

**Referência:** Processo nº 23117.025109/2024-23

SEI nº 5326267

AVES AMEAÇADAS DO CERRADO: DISTRIBUIÇÃO, ASSOCIAÇÃO COM A  
PAISAGEM E PERSPECTIVAS PARA CONSERVAÇÃO

Sabrina Faggion<sup>1</sup>, Arthur Ângelo Bispo de Oliveira<sup>2</sup>, Natália Mundim Tôrres<sup>3</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Biodiversidade, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

sabrinafaggion@ufu.br

2. Laboratório de Etnobiologia e Biodiversidade, Faculdade de Letras, Universidade Federal de Goiás (UFG)

arthurbispo@ufg.br

3. Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

natalia.torres@ufu.br

Autor correspondente: Sabrina Faggion (sabrinafaggion@ufu.br)

Este artigo está formatado e deve ser submetido posteriormente a revista *Diversity and Distributions*.

Conflito de Interesses:

Declaramos que os autores não possuem quaisquer conflitos de interesse relacionados a este trabalho.

## **Aves do Cerrado: Risco e Proteção**

### **Resumo**

**Objetivo:** O trabalho busca avaliar a adequabilidade das aves ameaçadas do Cerrado em habitats naturais florestais e abertos, considerando a exposição à conversão de uso do solo e a capacidade do sistema de áreas protegidas em potencialmente abrigá-las.

**Localização:** Bioma Cerrado, Brasil.

**Métodos:** Criamos modelos de distribuição potencial para 72 espécies de aves ameaçadas do Cerrado e calculamos regiões com maior riqueza em ambientes florestais e abertos menos expostos à conversão, apontando a importância de cada uma dessas formações para a conservação das espécies.

**Resultados:** A riqueza de espécies se concentra na porção sul do Cerrado, com todas elas sendo pouco representadas em Unidades de Conservação e Terras Indígenas (<23%). Espécies ameaçadas apresentam diferentes relações com as fitofisionomias, sendo tanto dependentes de ambientes florestais como independentes. No entanto, são espacialmente distribuídas de forma distinta, espécies independentes de áreas florestais são mais típicas do bioma e mais restritas a áreas abertas, enquanto dependentes e semidependentes ocupam semelhantemente as formações. Áreas florestais remanescentes ocupam uma pequena parte do território (<6%) em comparação às abertas (<40%). A quantidade de áreas com alta riqueza de espécies em formações abertas é pelo menos 70 vezes maior do que em florestas, correspondendo às regiões mais alteradas no bioma.

**Principais conclusões:** Considerando a riqueza de aves ameaçadas do Cerrado e áreas nativas remanescentes, as áreas protegidas não são suficientes para a conservação. Áreas abertas possuem espécies mais restritas à formação e características do Cerrado, tornando-as importantes para manutenção de espécies mais exclusivas. 44% do bioma possui remanescentes melhor preservados, compostos por ambientes florestais (5%) e abertos (39%) e devem ser priorizados para a conservação e restauração.

**Palavras-chave:** fragmentação, SDM, biodiversidade, espécies ameaçadas

## **Abstract**

**Aim:** The study aims to assess the suitability of threatened Cerrado birds in natural forest and open habitats, considering exposure to land use conversion and the capacity of the protected area system to potentially shelter them.

**Location:** Cerrado Biome, Brazil.

**Methods:** We created distribution models for 72 threatened bird species of the Cerrado and calculated regions with higher richness in less exposed forest and open environments to conversion, pointing out the importance of each of these formations for species conservation.

**Results:** Species richness is concentrated in the southern portion of the Cerrado, with all of them being poorly represented in Conservation Units and Indigenous Lands (<23%). Threatened species have different relationships with phytophysiognomies, being both dependent on forest environments and independent. However, they are spatially distributed differently, species independent of forest areas are more typical of the biome and more restricted to open areas, while dependent and semi-dependent occupy the formations similarly. Remaining forest areas occupy a small part of the territory (<6%) compared to open ones (<40%). The amount of areas with high species richness in open formations is at least 70 times greater than in forests, corresponding to the most altered regions in the biome.

**Main conclusions:** Considering the richness of threatened birds of the Cerrado and remaining native areas, protected areas are not sufficient for conservation. Open areas have species more restricted to the formation and characteristics of the Cerrado, making them important for maintaining more exclusive species. 44% of the biome has better preserved remnants, composed of forest environments (5%) and open ones (39%) and should be prioritized for conservation and restoration.

**Keywords:** fragmentation, SDM, biodiversity, threatened species

## INTRODUÇÃO

As alterações do uso do solo podem afetar a persistência de aves através da perda de atributos do espaço relacionados a preferências ecológicas específicas que as limitam a determinados microhabitats ou tipos vegetacionais (Tubelis & Cavalcanti, 2021; Wilman et al. 2014). Isso se dá pela estreita relação de algumas espécies com certos habitats e faixas de temperatura, de forma que, quando estes fatores são modificados, a adequabilidade local pode tornar-se inadequada, favorecendo táxons ambientalmente mais generalistas (Ribeiro et al. 2016). No Cerrado, boa parte das espécies de aves apresenta restrições a certos tipos de vegetação ou habitat, diminuindo a sua capacidade de persistência especialmente em áreas mais sujeitas à degradação (Borges et al. 2019; Sousa et al. 2021). Esta especificidade se relaciona com a sensibilidade às alterações ambientais, onde táxons mais especialistas tendem a ser mais afetados por alterações na paisagem, tornando-os mais sujeitos ao desaparecimento (Devictor et al. 2008; Sousa et al. 2021). Considerando estes fatores e a crescente mudança no uso do solo e perda de habitat sofrida nas últimas décadas no Cerrado (Pompeu et al. 2024), é crucial compreender a relação entre o uso da paisagem e a distribuição dessas aves ao longo de sua extensão de ocorrência para orientar estratégias eficazes de conservação.

Considerando o conceito de nicho ecológico, espécies são restringidas a fatores bióticos, interações e pela capacidade de ocupação (Soberón & Peterson, 2005). Alterações no clima e uso do solo são capazes de afetar negativamente áreas adequadas para a persistência das espécies ao longo do tempo, diminuindo sua distribuição a depender da amplitude destas condições de nicho (Mendes & De Marco 2018; Borges et al. 2019). Por exemplo, espécies mais restritas a certas temperaturas tendem a apresentar menores áreas adequadas para sua ocorrência e maior probabilidade de desaparecimento frente às alterações climáticas (Sheth & Angert 2014). A persistência de espécies depende, além disso, de processos em escalas menores, como as características ambientais capazes de limitá-las, como certos tipos de vegetação ou a manutenção da qualidade dos habitats (Haddad et al. 2015). O Cerrado é um hotspot de biodiversidade (Myers et al. 2000) com diversos tipos ambientais que proporcionam variados habitats para as espécies (Ribeiro & Walter, 1998), por isso, a compreensão de como estes processos atuam localmente pode ser ainda mais importante. No entanto, atualmente mais da metade de sua área natural já foi modificada (De Marco et al. 2020).

Levando em consideração as mudanças já ocorridas no clima e no uso do solo, apenas 13% do bioma pode atuar como refúgio para aves (Borges & Loyola 2020). Estes refúgios não coincidem com áreas de maior riqueza de espécies de aves e não possuem proteção legal significativa (~11%) (Borges & Loyola 2020). A falta de priorização na conservação considerando os diferentes tipos vegetacionais pode acarretar custos elevados, especialmente para aves ameaçadas. Espécies em risco de extinção formam um grupo com preferências ecológicas distintas e não naturalmente agrupáveis, tornando essencial o conhecimento específico de suas preferências para o manejo e conservação desses táxons (Sousa et al., 2021) — fatores frequentemente negligenciados na implementação de áreas de preservação. Estes vieses no sistema de unidades de conservação podem prejudicar aves de áreas abertas, geralmente especialistas e mais sensíveis às alterações na paisagem (Sousa et al. 2021).

A priorização de conservação para aves ameaçadas no Cerrado é ainda um desafio pela diversidade de preferências vegetacionais e microclimáticas destas espécies, muitas vezes pouco detalhadas ou desconhecidas (*e.g.* Silva et al. 1995). Como alternativa para preenchimento destas lacunas de conhecimento, ferramentas teóricas podem ser úteis na estimativa de preferências ambientais, por exemplo, Modelos de Distribuição de Espécies (SDMs). SDMs são baseados no aprendizado de máquinas e consideram variáveis climáticas a fim de estimar a adequabilidade, ou seja, a probabilidade de ocorrência para espécies (Ribeiro et al. 2016; Borges et al. 2019; Borges & Loyola, 2020; Hidasi-Neto et al. 2022). Para tornar estes modelos mais precisos, pode-se incluir dados referentes a características da paisagem na predição das áreas adequadas para os táxons (*e.g.* Borges et al. 2019; Borges & Loyola 2020). Isso pois, além das preferências climáticas, que configuram escalas mais amplas, espécies são fundamentalmente influenciadas por processos locais (Haddad et al. 2015), como os tipos de habitats, dentre outros.

A avifauna é um dos grupos relativamente melhor conhecidos no que tange a riqueza de espécies, o que pode ocorrer principalmente pela ampla abundância e facilidade de avistamento (Oliver et al. 2021). Entretanto, pouco ainda se sabe sobre a distribuição dos táxons ameaçados do grupo no Brasil, um dos países mais biodiversos do mundo (Myers et al., 2000). A Constituição Federal Brasileira prevê proteção contra práticas que gerem extinção de espécies ou comprometimento de funções ecológicas (Brasil, 1988). No entanto, no Cerrado, mais da metade de suas características

ambientais naturais já foram perdidas pela conversão em outros tipos de uso do solo, sendo essa a principal responsável por extinções locais em todo o mundo (De Marco et al. 2020; Hansen et al., 2013). Recentemente, trabalhos já vêm utilizando métricas de modelagem de distribuição buscando compreender fatores relacionados à ocupação do espaço pelas aves. Por exemplo, a sensibilidade à fragmentação (Keinath et al., 2017), mudanças climáticas (Mota et al., 2022; Almeida et al. 2022; Zucchetto et al., 2021), estimativas de locais adequados a espécies endêmicas ou ameaçadas (Pena et al., 2017; Hoffmann et al., 2020) e análises de lacunas de conservação (Carvalho et al., 2017; Bonfim et al., 2019). No entanto, até o momento, não encontramos estudos semelhantes que considerem características da paisagem ao abordar aves ameaçadas no Cerrado.

O Cerrado é um bioma composto por um mosaico de formações naturais (Ribeiro & Walter, 1998), e desta maneira, nosso trabalho busca avaliar se as aves ameaçadas que ocorrem no bioma apresentam maior distribuição potencial em habitats naturais florestais ou abertos, considerando a exposição dos ambientes à conversão do uso do solo. Objetivamos também compreender quanto destas espécies dependem ou não de formações florestais e o quanto do sistema de proteção é capaz de potencialmente abrigar estas espécies e habitats. Esperamos que áreas florestais e abertas sejam importantes para a manutenção das aves que ocorrem no Cerrado, contudo, aves de áreas abertas podem ser mais vulneráveis pelas seguintes questões: 1. As aves de áreas abertas possuem áreas nucleares de ocorrência no Cerrado, diferentemente de aves florestais, que possuem distribuição periférica no bioma na maioria dos casos; 2. regiões de maior riqueza de espécies ameaçadas que utilizam áreas abertas apresentam manchas de habitats mais degradados.

## MÉTODOS

### *Área de Estudo*

A área de estudo corresponde ao Cerrado, Savana mais ameaçada no mundo (Strassburg et al. 2017), distribuída na região central do Brasil, correspondendo ao bioma com a segunda maior área do país, com cerca de dois milhões de km<sup>2</sup> (Ribeiro & Walter, 1998). O clima no bioma é classificado majoritariamente como Tropical

Chuvoso (Aw), de acordo com a proposição de Koppen (Ribeiro & Walter, 1998), com pequenas porções Am, Cfa e Cfb (Alvares et al. 2014). Devido à variedade de relevo em seu território, as temperaturas podem variar conforme a altitude e localização. A definição da área correspondente do Cerrado é a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a fim de incorporar regiões de transição e ecótonos com outros biomas.

O Cerrado apresenta uma variedade de condições ambientais e características únicas, com fitofisionomias diversas capazes de abrigar riqueza significativa de aves. Por exemplo, formações savânicas, representadas pelo cerrado sensu stricto, rupestre e vereda, e ambientes florestais, como as florestas estacionais, mata ciliar e mata de galeria (Ribeiro & Walter, 1998). Entretanto, o bioma tem sofrido diversas alterações antrópicas que comprometem suas áreas remanescentes (Rodrigues et al. 2016), gerando impactos significativos à avifauna (Borges & Loyola, 2020; Sousa et al. 2021). Atualmente, pelo menos 59% de sua área não possui cobertura de remanescentes de vegetação natural (De Marco et al. 2020).

### *Caracterização das Espécies*

A definição das espécies de aves do Cerrado e seus endemismos segue a lista proposta por Silva (1995) e a sua complementação feita por Silva e Santos (2005). A partir dos bancos de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e da União Internacional de Conservação da Natureza (IUCN), categorizamos as espécies nos níveis de ameaça (IUCN, 2022; MMA, 2021). As categorias utilizadas para nossa análise são: quase ameaçada (NT), vulnerável (VU), em perigo (EN) e criticamente ameaçada (CR). No caso de categorias divergentes, priorizamos o maior nível de ameaça. O ordenamento taxonômico segue a lista nacional de espécies do Conselho Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO) (Pacheco et al. 2021). Optamos por excluir as espécies *Setophaga striata* (Forster, 1772) e *Calidris subruficollis* (Vieillot, 1819) de nossa análise. Apesar de serem categorizadas como quase ameaçadas pela IUCN e documentadas no Cerrado, são aves migratórias que não se limitam a este bioma, encontradas principalmente em outras regiões (DeLuca et al. 2020). Por outro lado, incluímos a espécie *Celeus obrieni* (Short, 1973), embora inicialmente ausente das listas base, possui status de vulnerável segundo a IUCN e o MMA, com registros

publicados no bioma (vide Hidasi et al., 2008; Dornas et al., 2009; Pinheiro et al., 2012). Agrupamos as espécies conforme a classificação de dependência florestal de Silva (1995) como dependentes (DFD), independentes (DFI) ou semidependentes florestais (DFS). As espécies *Phylloscartes eximius* (Temminck, 1822), *Phylloscartes roquettei* (Snethlage, 1928) e *Celeus obrieni* não foram categorizadas por não serem consideradas na lista utilizada.

### *Banco de Dados*

Para a montagem de dados de ocorrência, após a definição das espécies, utilizamos bancos de dados virtuais para obter coordenadas geográficas de seus registros. São estes: as plataformas SpeciesLink (<https://specieslink.net/>), GBIF (<https://www.gbif.org/>), Portal da Biodiversidade (<https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/>), Wikiaves (<https://www.wikiaves.com.br/>), dados cedidos por pesquisadores do bioma Cerrado, além de bibliografia científica publicada contendo coordenadas das espécies de interesse (Dornas et al. 2008; Hidasi et al. 2008; Pinheiro et al. 2012). No total, após a obtenção e limpeza dos dados, obtivemos 9.499 ocorrências de 81 espécies (Tabela 1).

### *Modelagem de Distribuição das Espécies (SDM)*

A fim de responder questões relacionadas à adequabilidade climática das espécies, construímos modelos seguindo o protocolo de De Marco et al. (2023), que inclui utilização de variáveis climáticas e topográficas. Utilizamos as variáveis bioclimáticas da América do Sul com correlações mediadas extraídas da plataforma WorldClim (Fick & Hijmans, 2017) juntamente a duas variáveis topográficas (slope and flow accumulation) do software GTOPO (<https://rda.ucar.edu/datasets/ds758.0/>). Utilizamos o software R 4.3.2 (R Core Team 2023), pacote ENMTML (Andrade et al. 2020) para a realização de todas as análises referentes à modelagem de distribuição potencial das espécies. O protocolo inclui limpeza dos dados, excluindo duplicatas, ocorrências fósseis e fora do limite do continente. Os quatro algoritmos utilizados foram: Bayesian Gaussian – GAU (Golding 2014), Maximum Entropy – MXS (Phillips et al. 2017),

Random Forest – RDF (Liaw & Wiener 2002) e Support Vector Machine – SVM (Karatzoglou et al. 2004). Esses métodos baseiam-se em aprendizado de máquina e possuem maior capacidade de previsão para a ocorrência potencial de espécies considerando uma abordagem Grinnelliana para nicho ecológico, baseada nos fatores ambientais abióticos necessários para sobrevivência (Soberón & Peterson, 2005; Rangel & Loyola, 2012). O pacote gera um *ensemble* dos resultados oriundos dos algoritmos, selecionando os melhores modelos para cada espécie (Material Suplementar). A provável presença para cada espécie é considerada a partir dos valores de limiar criados para definir os melhores modelos para cada uma. Dados de pseudo-ausência foram gerados em proporção de 1:1 para presenças em células com dados significativamente diferentes das células onde o espaço ambiental possui ocorrências das espécies (Engler et al. 2004).

Para espécies com mais de 25 ocorrências, utilizamos o método de tabuleiro de xadrez (*checkboard method*), onde a área é dividida em blocos e dois subgrupos são criados para dividir as ocorrências para ajuste e avaliação do modelo (Roberts et al., 2017). Para espécies com 5 a 25 ocorrências, essas projeções foram feitas usando um bootstrap, onde as ocorrências são divididas em apenas dois grupos, 70% dos registros para treinamento e 30% para teste (Da Silva & De Marco, 2023). Para inferir a qualidade do modelo, utilizamos o índice de Sorensen (Sørensen, 1948), capaz de evitar dominância de espécies (Li & Guo, 2013). O uso de diferentes algoritmos para construir modelos pode gerar incertezas (Marmion et al., 2009), então utilizamos os resultados gerados para criar modelos de conjunto, conforme proposto por Araújo e New (2007) e Da Silva & De Marco (2023). Para evitar a superestimação da distribuição das espécies, realizamos uma avaliação subsequente do modelo para selecionar apenas regiões com dados reais de ocorrência. Conforme proposto por Mendes et al. (2020), os modelos tiveram distribuição cortada para limites geográficos próximos aos que possuíam ocorrências registradas das espécies, a fim de funcionar como um substitutivo para dados de capacidade de dispersão. Os mapas criados foram recortados para o Cerrado, e aqueles com menos de 10% de sua adequabilidade no bioma foram removidos, resultando assim em um total de 72 espécies.

*Associação com Características da Paisagem*

A fim de se obter a relação entre a adequabilidade climática das espécies e seus tipos ambientais de preferência, realizamos uma sobreposição entre dados relacionados à distribuição potencial das espécies estimada a partir de modelos climáticos com o mapa de uso e cobertura do solo obtido através da plataforma MapBiomias (coleção 8, 2022) (<https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>). Estes dados foram convertidos em shapefiles com tipos de uso do solo considerados como categoria, sendo: (1) áreas florestais - com apenas tipos de ambientes florestais; (2) áreas abertas - com savana, campo, afloramento rochoso e campo alagado (vereda); e (3) áreas alteradas - com pastagem, soja, cana, arroz, silvicultura, mosaico de usos, mineração e outras lavouras temporárias. Padronizamos os mapas de tipos ambientais obtidos com os de modelos de adequabilidade, em uma escala de 9.2 km<sup>2</sup>. Sobreposmos os mapas de distribuição potencial de cada espécie criando mapas de riqueza geral e para cada um dos grupos de dependência florestal. Extraímos valores de habitat nativo das células com valores de adequabilidade para cada espécie e para riqueza de grupos de dependência florestal, utilizando quadrículas de mesma escala usadas para os modelos e classes de ambientes. Para selecionar regiões mais importantes para a conservação de forma geral, selecionamos células com adequabilidade para mais de 40 espécies e maior quantidade de habitats nativos. Consideramos classes distintas para selecionar habitats menos expostos à conversão de uso do solo, com células apresentando 40, 60, 80 e 100% de área natural. Consideramos valores a partir de 40% pois essa é a porção mínima considerada capaz de permitir a percolação das espécies na matriz de habitat (Franklin & Forman, 1987).

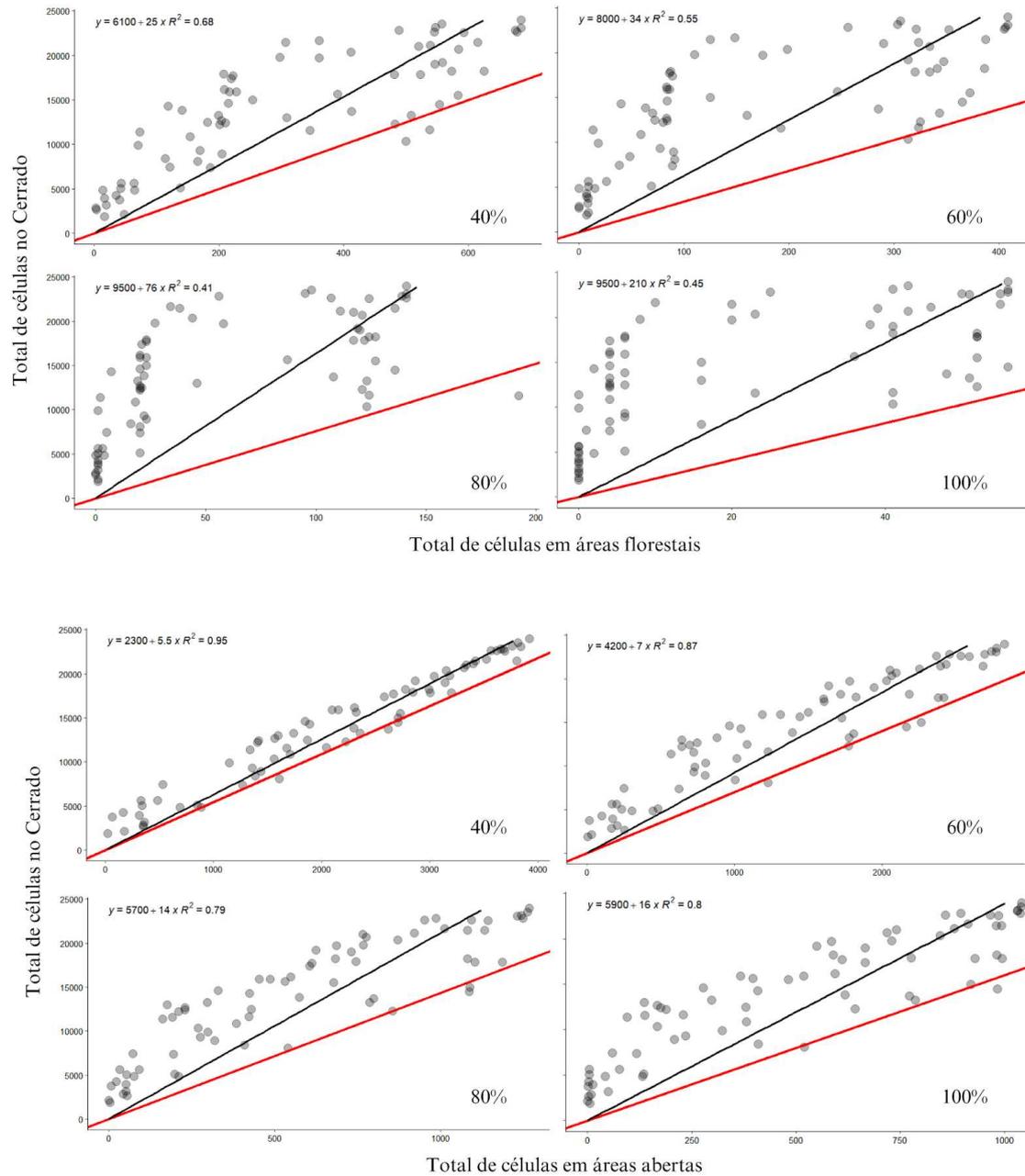
### *Análise de Áreas Protegidas*

Para a análise da adequabilidade das espécies em áreas protegidas e seus tipos ambientais remanescentes, utilizamos os mapas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), incluindo Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral (PI) e uso sustentável (US) das esferas governamentais estaduais e federais, disponíveis no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA) (<https://www.gov.br/mma/pt-br>), e de Terras indígenas (TIs), disponibilizadas pelo Fundo Nacional do Índio (FUNAI) (<https://www.gov.br/funai/pt-br>). Realizamos uma sobreposição dos mapas de distribuição potencial das espécies com shapefiles de UCs e TIs e, a partir disso,

calculamos o percentual protegido em UCs, TIs e a cobertura combinada (UCs+TI) para as espécies e habitats em diferentes proporções de exposição à conversão de uso do solo.

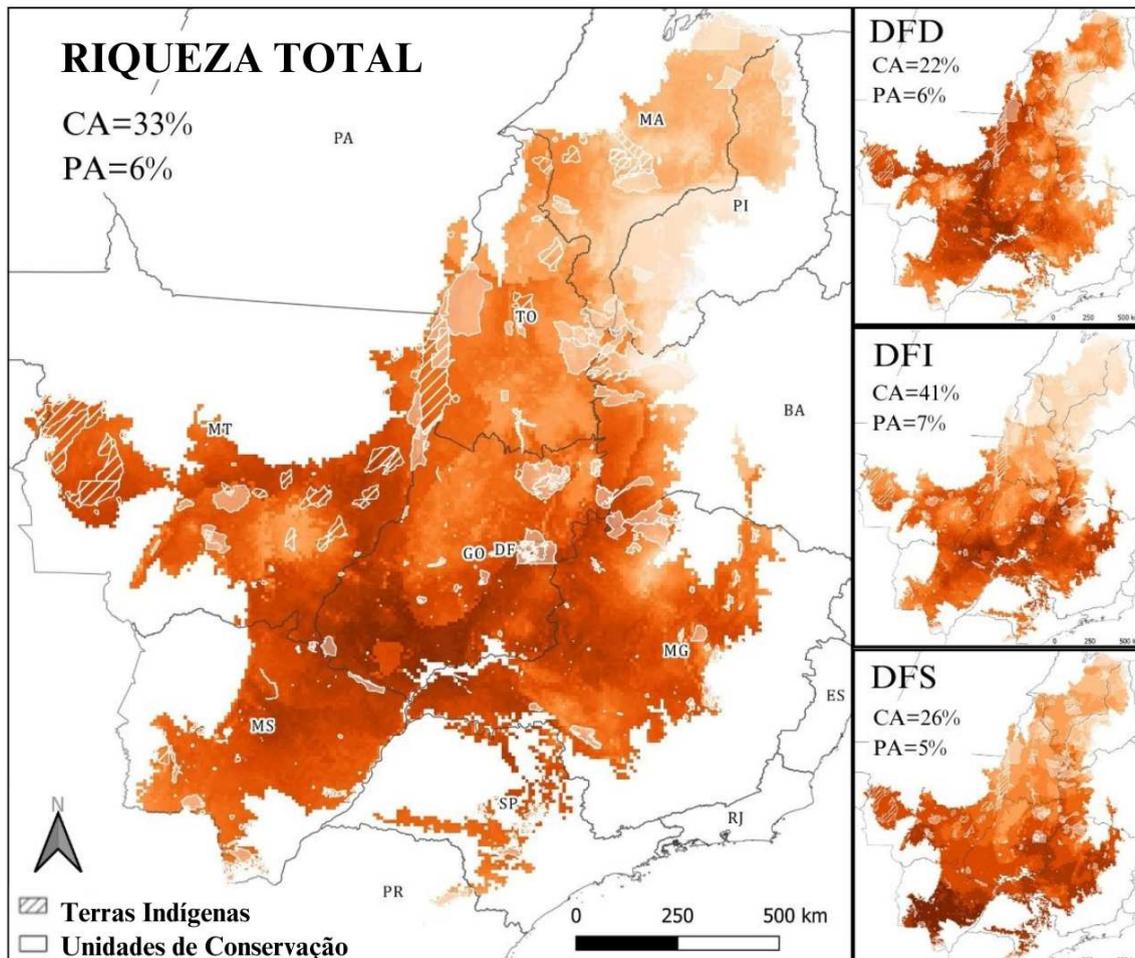
## RESULTADOS

Os modelos de adequabilidade mostram distribuições potenciais variando de 318.390 km<sup>2</sup> (*Hydropsalis candicans*) a 14.147.591 km<sup>2</sup> (*Tigrisoma fasciatum*), com a maioria ocupando áreas além dos limites do Cerrado. De forma geral, há uma relação mais forte entre área de distribuição potencial no Cerrado em ambientes abertos do que em florestais ( $r^2 > 0.79$ , Figura 1). Áreas abertas possuem maior área de distribuição potencial para todas as espécies (Tabela 1). Das 13 espécies que possuem mais de 50% da distribuição potencial no Cerrado, 8 são independentes florestais (DFI) e 6 dependentes (DFD). Para as espécies DFD, há menos de 4% da distribuição em áreas florestais remanescentes, enquanto para DFI, há menos de 3%. A média de distribuição potencial para as espécies em ambientes florestais com mais de 40% de habitat nativo é de 2%, e para abertos, 14%. A representatividade das espécies na rede de proteção varia de 2,3% (*Falco deiroleucus*) a 22,6% (*Pyrrhura pfrimeri*). Apesar das espécies analisadas possuírem pelo menos 10% de sua adequabilidade total no bioma, 85% possui baixa representatividade na rede de áreas protegidas, com média de 6% (Figura 2).



**Figura 1.** Distribuição potencial das espécies em habitats florestais e abertos em diferentes estados de conservação (40, 60, 80 e 100% de área nativa). Pontos representam as espécies, o eixo Y representa o total de células potencialmente ocupadas pelas espécies no Cerrado e o X o total de células de cada tipo de habitat. As linhas pretas representam a reta de regressão entre as variáveis e a linha vermelha o modelo nulo ( $p < 0.005$  para todos os cálculos).

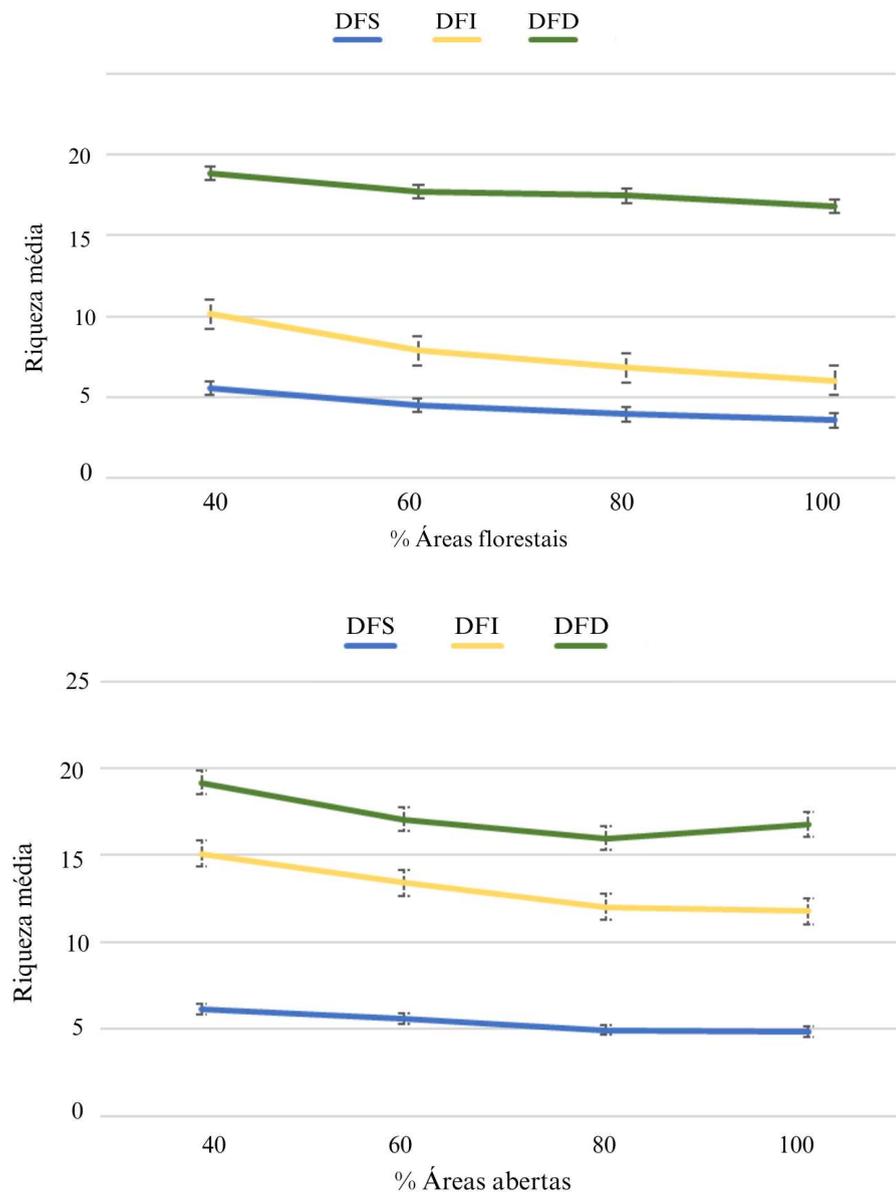
No total, temos 34 espécies DFD, correspondendo a 49% das espécies estudadas. Destas, 14 são classificadas como quase ameaçadas (NT), 14 vulneráveis (VU), 4 em perigo (EN) e 2 criticamente em perigo (CR). O grupo de espécies dependentes de floresta possui uma média de 22% de distribuição potencial no Cerrado, com 14 espécies com valores abaixo de 20% e seis espécies acima de 50% (Tabela 1). Uma média de 6% desta distribuição potencial está protegida pelo sistema UC+TI (Figura 2). A maior riqueza desse grupo está distribuída ao oeste de Goiás na divisa com Mato Grosso, e ao sudoeste de Goiás na fronteira com os estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul (Figura 2). Para espécies semidependentes florestais (DFS), encontramos nove táxons (13% do total) com 5 NT, 2 VU, 1 EN e 1 CR. O grupo possui em média 26% da distribuição potencial no Cerrado, com três espécies com menos de 20%, e nenhuma com mais de 50% (Tabela 1), a média de proteção é de 5%. Para as semidependentes, há maior padrão de riqueza no extremo sul do Cerrado, nos estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo e Minas Gerais (Figura 2). Encontramos um total de 26 espécies DFI (38% do total), com 9 NT, 9 VU, 6 EN e 2 CR. Este agrupamento é mais característico do Cerrado, com média de 41% de distribuição potencial no bioma, quatro espécies com valores abaixo de 20% e oito acima de 50%. Em média, 7% das espécies do grupo independente possuem distribuição potencial dentro de UCs e TIs. A riqueza desse grupo está distribuída mais na porção central do Cerrado, nos estados de Goiás e na região do Distrito Federal (Figura 2).



**Figura 2.** Padrão geral de riqueza de espécies ameaçadas do Cerrado, com distribuição potencial sobreposta de 72 táxons. Riqueza de dependentes florestais (DFD) com 34 espécies, independentes (DFI) com 26, e semidependentes (DFS) com 9. Média de distribuição potencial das espécies dentro do Cerrado (CA) e em áreas protegidas (PA).

Espécies DFD apresentam maior distribuição potencial em relação aos outros grupos, independente da quantidade de área nativa, para áreas de floresta e abertas, seguidas pelo grupo das DFI, e DFS (Figura 3), que possuem menor riqueza de táxons. A maior diferença se dá em áreas florestais bem preservadas, onde espécies DFD possuem distribuição potencial média para 16 espécies, enquanto espécies DFI para seis. Ambientes de floresta e abertos são potencialmente ocupados semelhantemente por DFS, variando em média de 6 a 5 e 5 a 3 espécies, respectivamente, e para DFD de 19 a 17 e 19 a 16 (Figura 3). DFI apresentam variação maior, com média de 15 a 12 espécies

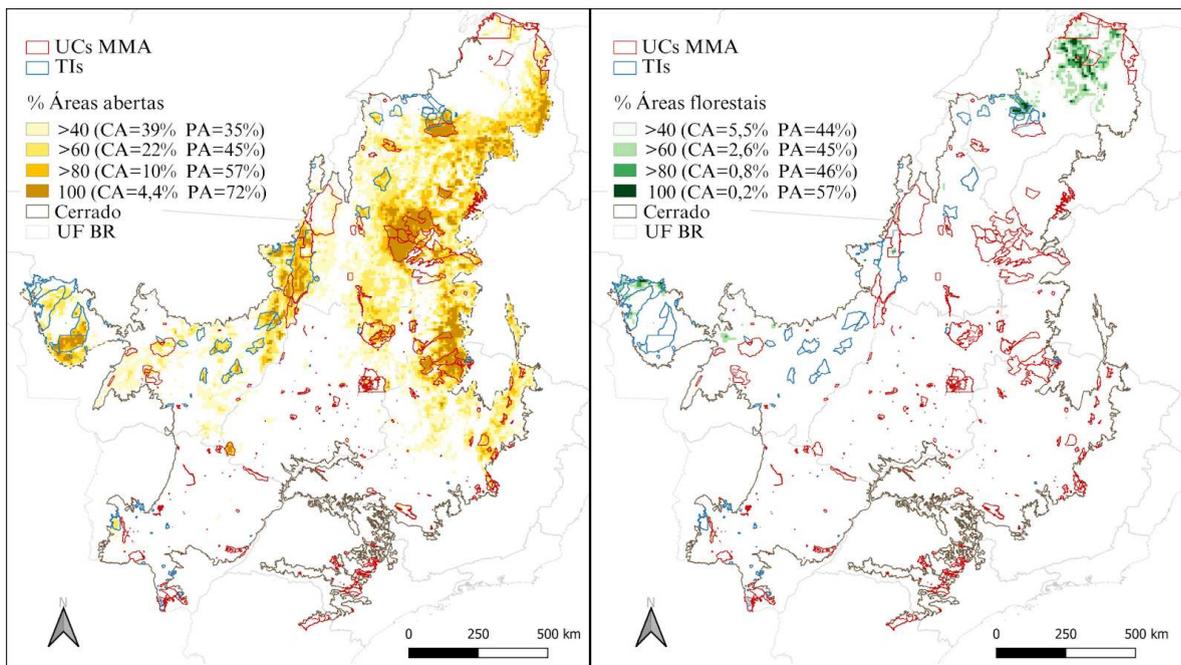
em áreas abertas e 10 a 6 em florestais. DFD e DFI ocupam a mesma quantidade de células para todos os tipos de ambiente e proporções nativas, e DFS, cerca de 99% dessa quantia. Há distribuição potencial para espécies destes grupos em mais de 85% das células totais de áreas de floresta e mais de 93% de abertas, considerando aquelas com mais 40% de habitat nativo (Tabela 1, Material Suplementar).



**Figura 3.** Ocupação potencial de habitats por espécies dependentes (DFD), semi dependentes (DFS) e independentes florestais (DFI). Riqueza média representa a média de distribuição potencial de espécies em cada grupo por células em diferentes porcentagens de habitat remanescente florestal e aberto, e erro padrão da média para os grupos.

No total, as áreas protegidas governamentais somam cerca de 265.497 km<sup>2</sup>, aproximadamente 13% da área total do bioma. As áreas florestais ocupam uma pequena parte do território (<6%) do Cerrado, com cerca de metade destes preservados pelo sistema UCs+TIs. Deste total, menos de 1% corresponde a habitats remanescentes moderadamente preservados com alta distribuição potencial para aves ameaçadas, e 0% se considerarmos habitats bem preservados, que são regiões mais abrigadas pelo sistema de áreas protegidas (Figura 4). Para áreas abertas, a cobertura remanescente no bioma é pelo menos sete vezes maior (<40%), com média de proteção semelhante aos ambientes florestais (Figura 4). Considerando remanescentes com maior riqueza potencial, áreas abertas são pelo menos 70 vezes maiores do que florestais, no entanto, são em média menos preservadas (cerca de 69% e 104%, respectivamente) (Tabela 2).

A maior parte do bioma possui células expostas em algum grau à conversão de uso do solo, com 59% com menos de 60% de exposição e apenas 3% sem qualquer alteração de habitats, pertencendo totalmente a áreas protegidas (Tabela 2, Material Suplementar). Estas regiões remanescentes possuem maior área com distribuição potencial para as espécies (28%) por serem compostas por florestas, vegetações abertas e, em pequenas partes, por outros tipos ambientais não característicos do Cerrado em regiões de ecótono. Células potencialmente ricas em espécies que pertencem a qualquer tipo de habitat não impactado somam apenas cerca de 1,6% do Cerrado, em regiões totalmente protegidas (Tabela 2).



**Figura 4.** Áreas naturais florestais e abertas remanescentes do Cerrado. No gradiente de cores, porcentagem de vegetação remanescente por célula em amarelo para áreas abertas e verde para florestais. Porcentagem da área do Cerrado por tipo ambiental (CA) e porcentagem protegida pelo sistema UCs+TIs (PA).

**Tabela 2.** Áreas florestais e abertas com alta riqueza (distribuição potencial para mais de 40 espécies) por categorização de tipo ambiental no Cerrado, sendo mais de 40, 60, 80 e 100% da célula com habitat remanescente. Representatividade no Cerrado (% CER), em Terras Indígenas (%TI), Unidades de Conservação (UC) e o somatório de áreas protegidas (%TI+UC) (A inflação da última célula de %TI+UC se dá pela sobreposição dos mapas de algumas UCs e TIs).

	Categoria	% CER	%TI	%UC	%TI+UC
Área Florestal	40%	0,2	61,3	22,4	83,8
	60%	0,1	75,2	26,4	101,6
	80%	<0,0	83,3	20,0	103,3
	100%	<0,0	100,0	33,3	133,3
Área Aberta	40%	16,40	22,87	22,69	45,55
	60%	7,90	34,88	30,84	65,72
	80%	3,32	42,13	40,08	82,20
	100%	1,52	41,18	45,38	86,55

**Tabela 1.** Espécies ameaçadas do Cerrado, sendo: quase ameaçada (NT), vulnerável (VU), em perigo (EN) e criticamente em perigo (CR). Categoria de dependência florestal (DP), sendo: dependente florestal (DFD), semidependente (DFS) e independente (DFI). Adequabilidade climática no Cerrado (%CER) e em porcentagem de células ocupadas em diferentes qualidades ambientais de áreas florestais (F) e abertas (C), sendo: 40, 60, 80 e 100% de vegetação nativa preservada por célula. O ordenamento taxonômico segue a lista do Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (Pacheco et al. 2021).

Nome do Táxon (CBRO 2021)	IUCN	MMA	DP	%CER	C40	C60	C80	C100	F40	F60	F80	F100
<i>Aburria kujubi</i> (Pelzeln, 1858)	VU	VU	DFD	29,8	16,5	10,2	3,8	3,5	2,9	1,8	0,6	0,2
<i>Accipiter poliogaster</i> (Temminck, 1824)	NT		DFD	19,5	16	10,5	4,2	3,8	3	1,8	0,6	0,2
<i>Agamia agami</i> (Gmelin, 1789)	VU		DFD	21,0	16,4	12	5,9	5,4	3,4	2,1	0,7	0,3
<i>Alectrurus tricolor</i> (Vieillot, 1816)	VU	VU	DFI	40,5	12,6	6,6	2,3	1,9	1,5	0,6	0,1	0
<i>Alipiopsitta xanthops</i> (Spix, 1824)	NT	NT	DFD	45,3	15,5	10,2	4,3	4,2	2	1	0,2	0,1
<i>Amazona aestiva</i> (Linnaeus, 1758)	NT	NT	DFD	33,6	16,2	11,8	5,4	4,5	2,4	1,3	0,4	0,2
<i>Amazona farinosa</i> (Boddaert, 1783)	NT		DFD	17,5	15,4	9	3,5	3	1,8	0,9	0,3	0,1
<i>Anodorhynchus hyacinthinus</i> (Latham, 1790)	VU	NT	DFS	25,1	16,6	12	5,3	4,5	3	1,8	0,6	0,2
<i>Ara chloropterus</i> (Gray, 1859)		NT	DFD	19,4	14,8	9,2	3,4	2,5	2,5	1,6	0,6	0,2
<i>Aratinga auricapillus</i> (Kuhl, 1820)	NT		DFD	35,2	11,5	5,3	1,7	1,5	1,6	0,7	0,2	0
<i>Asthenes luizae</i> (Vielliard, 1990)	NT	EN	DFI	55,7	13,3	9,6	2,1	0,1	0,2	0	0	0
<i>Capito dayi</i> (Cherrie, 1916)	VU	VU	DFD	21,7	16,1	9	3,6	2,3	2,3	1	0,3	0,1
<i>Celeus obrieni</i> (Short, 1973)	VU	VU	ne	51,2	18,7	14,9	7,5	6,8	3,8	2,5	0,9	0,4
<i>Cercomacra ferdinandi</i> (Sneathlage, 1928)	NT	VU	DFD	54,8	19,1	13,2	5,8	5,6	3	2,1	0,8	0,4
<i>Charitospiza eucosma</i> (Oberholser, 1905)	NT		DFI	63,7	17,9	13,3	6,2	5,2	2,7	1,8	0,7	0,3
<i>Claravis geoffroyi</i> (Temminck, 1811)	CR	CR (PEX)	DFD	28,2	3,9	2,4	0,6	0	0,8	0,2	0	0
<i>Columbina cyanopsis</i> (Pelzeln, 1870)	CR	CR	DFI	75,1	14,2	6,3	1,6	0,9	0,3	0	0	0
<i>Conothraupis mesoleuca</i> (Berlioz, 1939)	EN	EN	DFD	50,1	14,6	7,8	3	2,5	1,8	0,8	0,2	0,1
<i>Coryphaspiza melanotis</i> (Temminck, 1822)	VU	VU	DFI	26,1	13,2	7,5	2,9	2,3	1,4	0,5	0,1	0
<i>Crax fasciolata</i> (Spix, 1825)	VU	CR	DFD	38,7	16,1	10,7	4,4	4,2	2,6	1,5	0,5	0,2
<i>Crypturellus noctivagus</i> (Wied, 1820)	NT	NT	DFD	24,5	16	11,8	5,5	4,5	2,1	1,1	0,2	0,1
<i>Crypturellus strigulosus</i> (Temminck, 1815)		NT	DFD	24,8	17,6	11,2	4,4	3,1	3,8	2,4	0,8	0,3
<i>Culicivora caudacuta</i> (Vieillot, 1818)	VU		DFI	36,3	13,1	6,7	2,2	2,3	1,5	0,5	0,1	0
<i>Euscarthmus rufomarginatus</i> (Pelzeln, 1868)	NT	NT	DFI	39,9	17,7	12,5	5,3	4,6	2,9	1,8	0,6	0,3
<i>Falco deiroleucus</i> (Temminck, 1825)	NT		DFS	13,7	12,3	4,9	1,4	1	2,4	1,2	0,4	0,1
<i>Geositta poeciloptera</i> (Wied, 1830)	VU	VU	DFI	57,5	14,9	8,7	3,4	3	1,5	0,6	0,2	0
<i>Guyramemua affinis</i> (Burmeister, 1856)	NT		DFI	59,7	16,6	10	4,1	4,5	1	0,5	0,2	0
<i>Harpia harpyja</i> (Linnaeus, 1758)	NT	VU	DFD	15,7	14,9	8,5	3,3	2,9	2,9	1,6	0,6	0,2
<i>Hydropsalis anomala</i> (Gould, 1838)		NT	DFI	16,0	11,5	6,5	1,6	1,6	0,6	0,3	0	0
<i>Hydropsalis candicans</i> (Pelzeln, 1867)	VU	EN	DFI	53,1	1,3	0,3	0,3	0,3	0,9	0,4	0,1	0
<i>Knipolegus franciscanus</i> (Sneathlage, 1928)		VU	DFD	60,6	18,1	15,1	7,3	6,1	1,7	0,8	0,2	0,1
<i>Laterallus xenopterus</i> (Conover, 1934)	VU	EN	DFI	42,2	14,8	9,2	3,5	3,8	1,3	0,5	0,1	0
<i>Mergus octosetaceus</i> (Vieillot, 1817)	CR	CR	DFS	46,0	14,2	9,3	3,4	3,7	1,3	0,5	0,1	0
<i>Neochen jubata</i> (Spix, 1825)	NT		DFI	16,1	16,8	13,6	6,6	5,6	2,9	1,9	0,7	0,3
<i>Neomorphus geoffroyi</i> (Temminck, 1820)	VU	VU	DFD	17,9	16,3	11,8	5,3	4,3	2,9	1,7	0,6	0,2
<i>Neothraupis fasciata</i> (Lichtenstein, 1823)	NT		DFI	48,1	15,9	10,2	4,2	4,3	1,2	0,5	0,1	0
<i>Nothura minor</i> (Spix, 1825)	VU	EN	DFI	61,5	11,8	5	1,4	0,8	0,6	0,1	0	0
<i>Odontorchilus cinereus</i> (Pelzeln, 1868)	NT		DFD	17,3	17,2	8,5	2,6	1,6	2,5	1,2	0,3	0,1
<i>Patagioenas subvinacea</i> (Lawrence, 1868)	VU		DFD	13,4	17,5	10,5	3,6	2	4,6	2,8	1,1	0,4
<i>Penelope ochrogaster</i> (Pelzeln, 1870)	VU	VU	DFD	50,9	18,3	9,2	4,3	2,7	1,3	0,3	0,1	0
<i>Phibalura flavivrostris</i> (Vieillot, 1816)	NT		DFS	24,5	6,7	4,7	1,1	0,1	0,8	0,2	0	0
<i>Phylloscartes eximius</i> (Temminck, 1822)	NT		ne	24,1	12,4	5,9	1,8	1,3	1,6	0,7	0,2	0

<i>Phylloscartes roquettei</i> Sneathlaga, 1928	EN	EN	ne	65,0	16,5	11,9	4,9	4,9	1,4	0,6	0,2	0
<i>Porphyrospiza caerulescens</i> (Wied, 1830)	NT		DFI	57,2	15,7	9,4	3,5	3,5	1,4	0,5	0,2	0
<i>Primolius maracana</i> (Vieillot, 1816)	NT	NT	DFS	27,1	16,3	11,2	4,7	4,2	1,7	0,7	0,2	0
<i>Procnias nudicollis</i> (Vieillot, 1817)	NT	NT	DFD	28,2	5,8	3	0,6	0,1	0,8	0,2	0	0
<i>Pteroglossus bitorquatus</i> (Vigors, 1826)	EN	VU	DFD	16,4	14,5	6,2	1,7	1,2	3	1,7	1,7	0,2
<i>Pygochelidon melanoleuca</i> (Wied, 1820)		NT	DFI	14,3	18,1	14,4	6,9	5,2	3,9	2,6	1	0,4
<i>Pyrrhura devillei</i> (Massena & Souancé, 1854)	NT	NT	DFS	34,2	8,3	1,5	0	0	2,2	0,4	0	0
<i>Pyrrhura perlata</i> (Spix, 1824)	VU	VU	DFD	24,6	17,8	13,4	5,9	5,9	3,8	2,6	0,9	0,4
<i>Pyrrhura pfrimeri</i> (Miranda-Ribeiro, 1920)	EN	EN	DFD	92,7	19,9	15,1	6,7	6,4	2	1,1	0,2	0,2
<i>Ramphastos tucanus</i> (Linnaeus, 1758)	VU		DFD	11,9	15,1	7,8	2,6	1,6	4,8	3	1,2	0,4
<i>Ramphastos vitellinus</i> (Lichtenstein, 1823)	VU		DFD	17,4	16,4	11,5	5,1	4,4	2,6	1,6	0,5	0,2
<i>Rhea americana</i> (Linnaeus, 1758)	NT		DFI	26,7	16,2	11,8	5,4	4,4	2,4	1,3	0,4	0,2
<i>Rhegmatorhina hoffmannsi</i> (Hellmayr, 1907)	NT	VU	DFD	30,6	16,7	9,5	3,9	2,6	2,7	1,4	0,4	0,1
<i>Sarcoramphus papa</i> (Linnaeus, 1758)		NT	DFS	19,8	15,8	11,2	4,8	4,3	2,4	1,4	0,5	0,2
<i>Scytalopus novacapitalis</i> (Sick, 1958)	EN	EN	DFD	61,3	12,3	5,9	1,5	0,3	0,1	0	0	0
<i>Spizaetus ornatus</i> (Daudin, 1800)	NT	NT	DFD	18,2	16	10,1	3,7	3,5	2,8	1,6	0,6	0,2
<i>Sporophila cinnamomea</i> (Lafresnaye, 1839)	VU	NT	DFI	28,5	16	11,2	5	4,6	1,4	0,6	0,2	0,1
<i>Sporophila hypochroma</i> (Todd, 1915)	NT		DFD	16,5	7,1	3,4	1	0,8	1,6	0,5	0,1	0
<i>Sporophila hypoxantha</i> (Cabanis, 1851)		VU	DFI	21,1	11,4	5,6	1,9	1,4	1,7	0,7	0,2	0
<i>Sporophila maximiliani</i> (Cabanis, 1851)	EN	CR	DFI	28,2	16,1	10,3	3,9	3,7	1,5	0,6	0,1	0
<i>Sporophila melanogaster</i> (Pelzeln, 1870)	NT	VU	DFI	25,1	7,9	4,4	1,3	0,3	0,4	0,2	0	0
<i>Sporophila nigrorufa</i> (d'Orbigny & Lafresnaye, 1837)	VU	VU	DFI	33,6	8,6	3,6	1,6	1,4	1,1	0,5	0,1	0
<i>Sporophila palustris</i> (Barrows, 1883)	EN	VU	DFI	27,1	13,3	7,3	3	2,9	0,8	0,3	0	0
<i>Sporophila ruficollis</i> (Cabanis, 1851)	NT	VU	DFI	17,9	11,6	7,4	3	3,3	0,7	0,2	0	0
<i>Taoniscus nanus</i> (Temminck, 1815)	EN	EN	DFI	42,2	15,1	9,1	3,5	3,5	1,3	0,5	0,1	0
<i>Tigrisoma fasciatum</i> (Such, 1825)		VU	DFS	14,8	16,1	10,8	4,3	3,9	3	1,8	0,6	0,2
<i>Tinamus major</i> (Gmelin, 1789)	NT		DFD	17,7	15,3	9,5	3,8	3,2	3,1	1,9	0,7	0,2
<i>Tinamus solitarius</i> (Vieillot, 1819)	NT	NT	DFD	32,7	1,7	0,4	0,2	0	1,1	0,2	0	0
<i>Tinamus tao</i> (Temminck, 1815)	VU	VU	DFD	14,8	15,9	9,8	3,6	3,5	2,5	1,4	0,6	0,2
<i>Urubitinga coronata</i> (Vieillot, 1817)	EN	EN	DFS	33,2	13,6	8,3	3,1	3,3	1,4	0,5	0,1	0

## DISCUSSÃO

Nossos resultados sugerem alguns pontos principais: 1. espécies de aves ameaçadas possuem maior distribuição potencial em áreas abertas, com independentes florestais (DFI) sendo mais restritas a esses ambientes, podendo indicar que a conservação destes habitats é mais urgente, já que são mais exclusivos do bioma e abrigam espécies mais sensíveis (Eiten, 1978; Sousa et al. 2021). 2. UCs e TIs são responsáveis pela manutenção de grande parte dos remanescentes mais preservados considerando ou não alta riqueza para espécies, no entanto, essas áreas totais são insuficientes para manter espécies e habitats nativos (Bonanomi et al. 2019; Borges & Loyola 2020; Brasil et al. 2021; Fagundes et al. 2018; De Marco et al. 2020; Pompeu et al. 2024).

Regiões mais ricas em adequabilidade de espécies ameaçadas, de forma geral, correspondem às mais afetadas pela perda de habitat nas últimas décadas, se concentrando na porção centro-sul do bioma (Pompeu et al. 2024). Essas são também previstas com a maior biodiversidade para plantas (Velazco et al. 2023) e mamíferos (De Marco et al. 2020; Faleiro & Loyola, 2013), podendo indicar um efeito multi táxon da conversão de áreas naturais no desaparecimento da biodiversidade. O sistema de áreas protegidas governamentais não apresenta suficiência para manutenção de nenhum táxon avaliado (<6%), como já demonstrado para espécies raras em escala global (Loiseau et al. 2020). A quantidade de área preservada recomendada para as espécies ameaçadas varia de pelo menos 10%, para aquelas amplamente distribuídas, a 100% para as mais restritas (Di Marco et al. 2017; Loiseau et al. 2020). Considerando a qualidade da paisagem, que é um limitante para a ocorrência das espécies (Brodie & Newmark, 2019), e pressupondo que espécies ameaçadas são capazes de ocupar remanescentes em estado moderado de exposição, formações em melhor estado de conservação com alta riqueza correspondem principalmente a partes da Amazônia legal no Cerrado (Lei Complementar 124/2007 - Código Florestal) ou ocupam territórios menos favoráveis para a agricultura, como ao norte de Goiás (Carvalho et al. 2009).

Todas as espécies possuem maior distribuição potencial no Cerrado em ambientes abertos (Figura 1), especialmente as mais restritas do bioma (Tabela 1). Isso reforça a importância já demonstrada de formações abertas do Cerrado para a conservação de aves endêmicas (Sousa et al. 2021). Até mesmo espécies DFD têm pouco de sua

distribuição potencial no bioma dentro de áreas florestais (<4%), mesmo quando ocupam o Cerrado como bioma principal (Tabela 1). A ocorrência de espécies DFD está mais relacionada à variação ambiental de apenas uma variável (evapotranspiração anual), enquanto para DFI, há uma combinação delas (incluindo precipitação e temperatura) (Blamires et al. 2008), o que pode resultar em seleção mais exigente dos locais. Além disso, a dependência florestal é uma importante preditora para grupos substitutos da biodiversidade no Cerrado (Pinto et al. 2008) e possuem ocorrência relacionada positivamente com tamanho da população humana (Blamires et al. 2008). Deste modo, a ampla distribuição potencial pode ser uma resposta à conversão de habitats, e, conseqüentemente, à perda de espécies mais sensíveis à exposição, que ocupam áreas abertas (Sousa et al. 2021).

Em relação à dependência florestal, há semelhanças em número de espécies para DFD (47%) ou menos dependentes (DFS e DFI, 53%), com padrão de distribuição espacialmente distinto entre os grupos, como já demonstrado (Blamires et al. 2008). Todos apresentam espécies em alto risco de extinção, com pelo menos uma CR. O que possui maior porção de espécies em risco avançado (EN,CR) é DFI (31%), seguido de DDS (22%) e DFD (17%), com nenhum dos grupos com mais de 7% de distribuição potencial média protegida. Esta relação pode ser um indicativo de uma resposta mais intensa das espécies DFI à perda de habitat no bioma, pois são mais sensíveis à modificação dos habitats (Sousa et al. 2021) e possuem maior riqueza em regiões historicamente mais alteradas (Pompeu et al. 2024) (Figura 2). Além disso, são as únicas que potencialmente variam por tipos ambientais, com mais espécies em áreas abertas (Figura 3), já que possuem relações mais específicas a certas variáveis ambientais (Blamires et al. 2008). Isso indica a alta restrição de habitat destes táxons, já demonstrada para a maioria das espécies mais características do Cerrado (*e.g.* Sousa et al. 2021), que possuem também capacidade de movimentação limitada em áreas alteradas (Sousa et al. 2021). A compreensão desta vulnerabilidade e distribuição de espécies é relevante para atenuar o impacto das mudanças ambientais sobre elas (Borges et al. 2019).

Ambientes florestais são menos representativos no Cerrado, bioma caracteristicamente savânico (Eiten, 1978), possuindo poucas áreas menos expostas à conversão e ricas em espécies (<1%, Tabela 2; Figura 4). Essas pequenas porções ocorrem em partes da Amazônia Legal, que segundo a Lei Nacional de Proteção da

Vegetação Natural (Lei 12.651/2012 – Código Florestal) devem possuir reservas de 35% de seu território, 15% a mais do exigido para o restante do Cerrado. No caso de áreas abertas, mais características e com maior predominância no bioma, há concentração de células melhor preservadas ao norte (Figura 4), região menos impactada com a perda de habitat nas últimas décadas (Pompeu et al. 2024), com mais vegetação nativa e, em partes, menos suscetíveis a alterações climáticas (Borges & Loyola, 2020). Por essas características, esses locais apresentam custo reduzido de terras e podem promover maior benefício socioeconômico para conservação (Faleiro & Loyola, 2013).

Por outro lado, o sistema de áreas protegidas no Cerrado possui tendências para conservação de ambientes florestais, negligenciando vegetações mais características do bioma, que são mais facilmente convertidas em uso agrícola (Bonanomi et al. 2019; Eiten, 1978). Considerando ambientes abertos com alta riqueza de espécies ameaçadas, há menos de um terço da área total (Tabela 2) e se concentra no centro-sul, mais exposto à perda de habitat (Pompeu et al. 2024) e mais sujeito à instabilidade climática (Borges & Loyola, 2020). Isso evidencia o que já foi apontado pelo compilado de dados para espécies ameaçadas da IUCN, o fato de que a conversão de habitats naturais é a principal causa de ameaça para estes táxons (<https://www.iucnredlist.org/>).

O sistema de proteção governamental, apesar de ser incompatível com áreas de maior riqueza de aves de forma geral, como já demonstrado (Borges & Loyola, 2020), é um importante responsável pela manutenção de áreas remanescentes (Figura 4) (Pompeu et al. 2024). Terras indígenas possuem menor área no bioma em comparação a UCs (90.379 km<sup>2</sup> e 175.117 km<sup>2</sup>, respectivamente), no entanto, abrigam mais da distribuição potencial das espécies em habitats menos impactados, além de apresentar um papel mais representativo na conservação de habitats abertos (Bonanomi et al. 2019; Pompeu et al. 2024). A complementação de proteção dessas áreas nativas para além do sistema de proteção público está relacionada às reservas privadas exigidas pelo Código Florestal (Áreas de Proteção Permanente e Reservas Legais), correspondendo a 20% do território da propriedade, no caso de áreas de Cerrado (Lei 12.651/2012), que são essenciais para a manutenção da heterogeneidade ambiental e diversidade de espécies no bioma (De Marco et al. 2023).

No entanto, reservas legais privadas possuem maior proporção de habitats florestais preservados do que abertos, com áreas de formação aberta se concentrando em

maior quantidade em UCs e TIs (Bonanomi et al. 2019). Apesar da legislação garantir parte destas áreas protegidas, 34% da vegetação nativa do Cerrado ainda se encontra sem proteção em terras privadas (Pompeu et al. 2024). O investimento na preservação dessas áreas é capaz de proteger diversas espécies, incluindo as mais características do bioma (De Marco et al. 2023), além de promover percepções sociais positivas sobre a manutenção de habitats nativos (Lima & Bastos, 2019). Esse é um importante critério para tomada de decisões de conservação, considerando que conflitos socioeconômicos tendem a ser mais intensos em regiões mais biodiversas no Cerrado (Faleiro & Loyola, 2013).

Por outro lado, mesmo em áreas protegidas e zonas tampão bem preservadas, houve degradação geral dos habitats nas últimas décadas (Bellón et al 2020). O sistema abriga pouco do território do Cerrado com baixa conversão de uso do solo, considerando (<22% - Tabela 2) ou não riqueza para as espécies (Figura 4). Em matrizes de baixa qualidade e próximas ao Equador, a cobertura vegetal deve ser mantida em mais de 40% da paisagem no caso das florestas (Arroyo-Rodriguez et al. 2020) e de 30 a 50% para o Cerrado (Velazco et al. 2023), porções mais altas do que o somatório total de áreas florestais e abertas remanescentes em melhor estado de preservação encontradas no bioma (~24% com >60% - Figura 4). Os 44% de remanescentes do Cerrado com vegetação nativa menos impactada (>40% - Figura 4), devem ser prioridade para restauração e proteção, já que são compostos por ambientes florestais em menor grau, e campestres, em maior, que abrigam regiões de maior riqueza, espécies mais sensíveis e são menos focadas pelo sistema de proteção (Bonanomi et al. 2019; Sousa et al. 2021). Parte destes remanescentes podem ser complementares espacialmente em alguns pontos, formando um mosaico de habitat 100% nativo, como em manchas no oeste do bioma (Figura 4), resultando em uma melhor perspectiva de conservação de habitats do que a prevista.

Utilizamos modelos de distribuição que consideram nicho em uma abordagem Grinnelliana, restrita a fatores abióticos, que refletem a ocupação histórica dos táxons (Peterson & Soberón, 2005). Estes, por sua vez, podem prever presenças equivocadas quando consideram características ambientais incompatíveis temporalmente com as de registro (Peterson & Soberón, 2005). Por isso, cortamos a distribuição potencial das espécies considerando diferentes gradientes de vegetação nativa remanescente recente. No entanto, essa abordagem favorece discussões mais amplas, em termos de riqueza de

espécies, e para medidas mais específicas para os táxons, é necessária a utilização de registros temporalmente compatíveis às variáveis ambientais. Além disso, vieses espaciais de registros de ocorrência também limitam análises, e podem ser facilmente corrigidos nos modelos com dados abundantes (Kramer-Schadt et al. 2013). No entanto, para espécies ameaçadas, que possuem populações reduzidas, e, conseqüentemente, menos registros, as correções podem ser menos eficientes, e não devem ser usadas para conjuntos limitados de dados (Kramer-Schadt et al. 2013). No nosso caso, não usamos para *Porphyrospiza caerulescens*, *Hydropsalis anomala*, *Hydropsalis candicans* e *Columbina cyanopis*, que possuem menos de 25 ocorrências únicas. Sendo assim, um maior esforço amostral direcionado para este grupo é relevante para produção de conhecimento, medidas de manejo e conservação para essas espécies.

Em conclusão, algumas das espécies analisadas possuem distribuição potencial periférica no Cerrado, com menos de 15% da adequabilidade total (*Tinamus tao*, *Tigrisoma fasciatum*, *Pygochelidon melanoleuca*, *Patagioenas subvinacea*, *Falco deiroleucus*). Protegê-las no Cerrado é altamente importante, porém, é complementar em relação às ações de conservação em área principal de distribuição, em outros biomas. Por outro lado, espécies que possuem distribuição potencial nuclear no Cerrado dependem de formações características, e por isso, necessitam de maior atenção no bioma, já que não possuem ações direcionadas a elas em outras regiões. Para isso, destacamos as espécies *Charitospiza eucosma*, *Columbina cyanopis*, *Knipolegus franciscanus*, *Nothura minor*, *Phylloscartes roquettei*, *Pyrrhura pfrimeri* e *Scytalopus novacapitalis*, que possuem áreas de adequabilidade no bioma acima de 60%. E, além destas, as espécies *Urubitinga coronata*, *Pygochelidon melanoleuca*, *Neochen jubata* e *Celeus obrieni*, que estão associadas aos ambientes de áreas abertas que ainda mantêm uma melhor qualidade ambiental (acima de 80% de cobertura nativa). Esse grupo possui menos de 23% da distribuição potencial em UCs e Tis, com uma média de 10%. Por se tratar em maioria de espécies endêmicas, essa complementação no sistema de proteção é insuficiente para conservação (Di Marco et al. 2017; Loiseau et al. 2020), e deve ser priorizada.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Especializado (CAPES) pelo financiamento da primeira autora (SF), e à Paulo De Marco Júnior (UFG) pelo auxílio em análises e compartilhamento de dados.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, A. C., Tourinho, L., Ramalho, Q., Jenkins, C. N., & Almeida-Gomes, M. (2022). Regional variation in responses of a vulnerable bird species to land-use and climate change. *Biotropica*, 54(5), 1190-1204. <https://doi.org/10.1111/btp.13142>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Andrade, A.F.A., Velazco, S.J.E., De Marco, P. (2020) ENMTML: an R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. *Environmental Modelling & Software*, 125,104615. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104615>
- Araújo, M.B. & New, M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, 22,42-47. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.09.010>
- Arroyo-Rodríguez, V., Fahrig, L., Tabarelli, M., Watling, J. I., Tischendorf, L., Benchimol, M., ... & Tschardtke, T. (2020). Designing optimal human-modified landscapes for forest biodiversity conservation. *Ecology letters*, 23(9), 1404-1420. <https://doi.org/10.1111/ele.13535>
- Blamires, D., de Oliveira, G., de Souza Barreto, B., & Diniz-Filho, J. A. F. (2008). Habitat use and deconstruction of richness patterns in Cerrado birds. *Acta Oecologica*, 33(1), 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2007.09.006>
- Bellón, B., Blanco, J., De Vos, A., de O. Roque, F., Pays, O., & Renaud, P. C. (2020). Integrated landscape change analysis of protected areas and their surrounding landscapes: application in the Brazilian Cerrado. *Remote Sensing*, 12(9), 1413. <https://doi.org/10.3390/rs12091413>
- Bonanomi, J., Tortato, F. R., Raphael de Souza, R. G., Penha, J. M., Bueno, A. S., & Peres, C. A. (2019). Protecting forests at the expense of native grasslands: Land-use policy encourages open-habitat loss in the Brazilian cerrado biome. *Perspectives in ecology and conservation*, 17(1), 26-31. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2018.12.002>
- Borges, F.J.A. & Loyola, R. (2020) Climate and land-use change refugia for Brazilian Cerrado birds. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18,109-115. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.04.002>
- Borges, F. J. A., Ribeiro, B. R., Lopes, L. E., & Loyola, R. (2019). Bird vulnerability to climate and land use changes in the Brazilian Cerrado. *Biological Conservation*, 236, 347-355. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.05.055>

- Bonfim, F. C., Cordeiro, P. H., Peres, C. A., Canale, G. R., & Bernardo, C. S. (2019). Combining modeling tools to identify conservation priority areas: A case study of the last large-bodied avian frugivore in the Atlantic Forest. *Global ecology and conservation*, 17, e00426. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00426>
- Brasil, L. S., de Andrade, A. F. A., Ribeiro, B. R., Spigoloni, Z. A., Juen, L., & De Marco Jr, P. (2021). A niche-based gap analysis for the conservation of odonate species in the Brazilian Amazon. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(5), 1150-1157. <https://doi.org/10.1002/aqc.3599>
- Brasil. Constituição (1988). Art. 225. Brasília, DF, 1988. Available at <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/10645661/artigo-225-da-constituicao-federal-de-1988>. Accessed 11 October 2023.
- Brodie, J. F., & Newmark, W. D. (2019). Heterogeneous matrix habitat drives species occurrences in complex, fragmented landscapes. *The American Naturalist*, 193(5), 748-754. [doi/abs/10.1086/702589](https://doi.org/10.1086/702589)
- Carvalho, F. M., Júnior, P. D. M. & Ferreira, L. G. (2009). The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biological Conservation*, 142(7), 1392-1403. [doi:10.1016/j.biocon.2009.01.031](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031)
- Carvalho, D. L., Sousa-Neves, T., Cerqueira, P. V., Gonsioroski, G., Silva, S. M., Silva, D. P., & Santos, M. P. D. (2017). Delimiting priority areas for the conservation of endemic and threatened Neotropical birds using a niche-based gap analysis. *PloS one*, 12(2), e0171838. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171838>
- Código Florestal. Lei Complementar nº 124, de 3 de janeiro de 2007. Institui, na forma do art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM; estabelece sua composição, natureza jurídica, objetivos, área de competência e instrumentos de ação; dispõe sobre o Fundo de Desenvolvimento da Amazônia – FDA; altera a Medida Provisória no 2.157-5, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei Complementar no 67, de 13 de junho de 1991; e dá outras providências.
- Da Silva, F., & De Marco Júnior, P. (2023). The role of protected areas in safeguarding bat diversity in Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 32(8), 2909-2924. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02635-6>
- De Marco, P., Villén, S., Mendes, P., Nóbrega, C., Cortes, L., Castro, T., & Souza, R. (2020). Vulnerability of Cerrado threatened mammals: an integrative landscape and climate modeling approach. *Biodiversity and Conservation*, 29, 1637-1658. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1615-x>
- De Marco Jr, P., de Souza, R. A., FA Andrade, A., Villén-Pérez, S., Nóbrega, C. C., Campello, L. M., & Caldas, M. (2023). The value of private properties for the conservation of biodiversity in the Brazilian Cerrado. *Science*, 380(6642), 298-301. <https://doi.org/10.1126/science.abq7768>
- DeLuca, W., R. Holberton, P. D. Hunt & B. C. Eliason (2020). Blackpoll Warbler (*Setophaga striata*), version 1.0. In *Birds of the World* (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.bkpwar.01>

- Devictor, V., Julliard, R., & Jiguet, F. (2008). Distribution of specialist and generalist species along spatial gradients of habitat disturbance and fragmentation. *Oikos*, 117(4), 507-514. <https://doi.org/10.1111/j.2008.0030-1299.16215.x>
- Di Marco, M., Watson, J. E., Possingham, H. P., & Venter, O. (2017). Limitations and trade-offs in the use of species distribution maps for protected area planning. *Journal of Applied Ecology*, 54(2), 402-411. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12771>
- Dornas, T., Valle, N. C., & Hidasi, J. (2009). *Celeus obrieni*: Dois novos registros históricos para o estado de Goiás. *Atual Ornitol*, 147(2009), 18-19.
- Eiten, G. (1978). Delimitation of the cerrado concept. *Vegetatio*, 36, 169-178. <https://doi.org/10.1007/BF02342599>
- Engler, R., Guisan, A., & Rechsteiner, L. (2004). An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of applied ecology*, 41(2), 263-274. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00881.x>
- Fagundes, C.K., Vogt, R.C., de Souza, R.A., De Marco, P. (2018) Vulnerability of turtles to deforestation in the Brazilian Amazon: Indicating priority areas for conservation. *Biological Conservation*, 226, 300-310. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.08.009>
- Fick, S.E. & Hijmans, R.J. (2017) WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37, 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Franklin, J. F., & Forman, R. T. (1987). Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape ecology*, 1, 5-18.
- GBIF.org (2022) GBIF Occurrence Download (Chiroptera). <https://doi.org/10.15468/dl.ry9t5m>. Accessed on 14 Dez 2022
- Golding, N., & Golding, M. N. (2014). Package ‘GRaF’. Species distribution modelling using latent Gaussian random fields.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>
- Hansen, M. C. (2013) High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342, 850-854. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hidasi, J., Mendonça, G. A., & Blamires, D. (2008). Primeiro registro documentado de *Celeus obrieni* (Picidae) para o estado de Goiás, Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 16(4), 373-375.
- Hoffmann, D., de Vasconcelos, M. F., & Fernandes, G. W. (2020). The fate of endemic birds of eastern Brazilian mountaintops in the face of climate change. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 18(4), 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.10.005>

- Hidasi-Neto, J., Gomes, N. M. A., & Pinto, N. S. (2022). Cerrado native vegetation is a refuge for birds under the current climate change trajectory. *Austral Ecology*, 47(8), 1622-1635. <https://doi.org/10.1111/aec.13242>
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) Biomas e Sistema Costeiro Marinho do Brasil. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/>. [Accessed 18 January 2024]
- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Red List of Threatened Species. Available at <https://www.iucnredlist.org/> [Accessed 7 December 2022]
- Karatzoglou, A., Smola, A., Hornik, K., & Zeileis, A. (2004). kernlab-an S4 package for kernel methods in R. *Journal of statistical software*, 11, 1-20.
- Keinath, D. A., Doak, D. F., Hodges, K. E., Prugh, L. R., Fagan, W., Sekercioglu, C. H., ... & Kauffman, M. (2017). A global analysis of traits predicting species sensitivity to habitat fragmentation. *Global Ecology and Biogeography*, 26(1), 115-127. <https://doi.org/10.1111/geb.12509>
- Kramer-Schadt, S., Niedballa, J., Pilgrim, J. D., Schröder, B., Lindenborn, J., Reinfelder, V., ... & Wilting, A. (2013). The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and distributions*, 19(11), 1366-1379. <https://doi.org/10.1111/ddi.12096>
- Li, W. & Guo, Q. (2013) How to assess the prediction accuracy of species presence-absence models without absence data? *Ecography* (Cop), 36, 788-799. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2013.07585.x>
- Liaw, A. & Wiener, M. (2002) Classification and Regression by RandomForest. *R News*, 2,3.
- Lima, F. P., & Bastos, R. P. (2020). Understanding landowners' intention to restore native areas: The role of ecosystem services. *Ecosystem services*, 44, 101121. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101029>
- Loiseau, N., Mouquet, N., Casajus, N., Grenié, M., Guéguen, M., Maitner, B., ... & Violle, C. (2020). Global distribution and conservation status of ecologically rare mammal and bird species. *Nature Communications*, 11(1), 5071. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18779-w>
- Marmion, M., Parviainen, M., Luoto, M., Heikkinen, R. K., & Thuiller, W. (2009). Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and distributions*, 15(1), 59-69. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2008.00491.x>
- Mendes, P., & De Marco, P. (2018). Bat species vulnerability in Cerrado: integrating climatic suitability with sensitivity to land-use changes. *Environmental Conservation*, 45(1), 67-74. <https://doi.org/10.1017/S0376892917000194>
- Mendes, P., Velazco, S. J. E., de Andrade, A. F. A., & Júnior, P. D. M. (2020). Dealing with overprediction in species distribution models: How adding distance constraints can

improve model accuracy. *Ecological Modelling*, 431, 109180.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109180>

MMA (Ministério do Meio Ambiente) (2021) Lista Vermelha das Espécies Ameaçadas. Available at <http://dados.mma.gov.br/dataset/especies-ameacadas>. Accessed 7 December 2022.

Mota, F. M. M., Heming, N. M., Morante-Filho, J. C., & Talora, D. C. (2022). Climate change is expected to restructure forest frugivorous bird communities in a biodiversity hot-point within the Atlantic Forest. *Diversity and Distributions*, 28(12), 2886-2897. <https://doi.org/10.1111/ddi.13602>

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Oliver, R. Y., Meyer, C., Ranipeta, A., Winner, K., & Jetz, W. (2021). Global and national trends, gaps, and opportunities in documenting and monitoring species distributions. *PLoS Biology*, 19(8), e3001336. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001336>

Pacheco, J. F., Silveira, L. F., Aleixo, A., Agne, C. E., Bencke, G. A., Bravo, G. A., ... & de Q. Piacentini, V. (2021). Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. *Ornithology Research*, 29(2), 94-105. <https://doi.org/10.1007/s43388-021-00058-x>

Pena, J. C., Goulart, F., Fernandes, G. W., Hoffmann, D., Leite, F. S., dos Santos, N. B., ... & Rodrigues, M. (2017). Impacts of mining activities on the potential geographic distribution of eastern Brazil mountaintop endemic species. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 15(3), 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.07.005>

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: An open-source release of Maxent. *Ecography*, 40(7), 887-893. <https://doi.org/10.1111/ecog.03049>

Pinheiro, R. T., Dornas, T., Leite, G. A., Crozariol, M. A., Marcelino, D. G., & Correa, A. G. (2012). Kaempfer's Woodpecker *Celeus obrieni*: new records and conservation status in the state of Goiás, Central Brazil. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 20(1), 59-64.

Pinto, M. P., Diniz-Filho, J. A. F., Bini, L. M., Blamires, D., & Rangel, T. F. L. (2008). Biodiversity surrogate groups and conservation priority areas: birds of the Brazilian Cerrado. *Diversity and Distributions*, 14(1), 78-86. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2007.00421.x>

Pompeu, J., Assis, T. O., & Ometto, J. P. (2024). Landscape changes in the Cerrado: Challenges of land clearing, fragmentation and land tenure for biological conservation. *Science of The Total Environment*, 906, 167581. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167581>

Portal Da Biodiversidade (PortalBio) (2022). Available at <https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/search>. Accessed 7 December 2022.

R Core Team (2023) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing <https://www.R-project.org/>

- Rangel, T.F. & Loyola, R.D. (2012) Labeling Ecological Niche Models. *Natureza & Conservação*, 10, 119-126. <https://doi.org/10.4322/natcon.2012.030>
- Ribeiro, J.F. & Walter, B. M. T. (1998) In Cerrado: ambiente e flora Fitofisionomias do bioma Cerrado. *Embrapa Cerrado*. Planaltina, DF, Brazil.
- Ribeiro, V., Werneck, F.P. & Machado, R.B. (2016) Distribution dynamics of South American savanna birds in response to Quaternary climate change. *Austral Ecology*, 41, 768-777. <https://doi.org/10.1111/aec.12363>
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Aroita, G., ... & Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography*, 40(8), 913-929. <https://doi.org/10.1111/ecog.0288>
- Rodrigues, M. E., de Oliveira Roque, F., Quintero, J. M. O., de Castro Pena, J. C., de Sousa, D. C., & Junior, P. D. M. (2016). Nonlinear responses in damselfly community along a gradient of habitat loss in a savanna landscape. *Biological Conservation*, 194, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.001>
- Sheth, S.N. & Angert, A.L. (2014) The evolution of environmental tolerance and range size: A comparison of geographically restricted and widespread *Mimulus*. *Evolution* (NY), 68, 2917-2931. <https://doi.org/10.1111/evo.12494>
- Silva, C. M. J. (1995) Birds of the Cerrado region, South America. *Steenstrupia*, 21, 69-92.
- Silva, C. M. J & Santos, P. M. (2005) A importância relativa dos processos biogeográficos na formação da avifauna do Cerrado e de outros biomas brasileiros. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brazil.
- Soberon, J., & Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.17161/bi.v2i0.4>
- Sørensen, T. (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on danish commons. *Biologiske skrifter*, 5, 1-34.
- Sousa, N. O., Lopes, L. E., Costa, L. M., Motta-Junior, J. C., de Freitas, G. H. S., Dornas, T., ... & Marini, M. Â. (2021). Adopting habitat-use to infer movement potential and sensitivity to human disturbance of birds in a Neotropical Savannah. *Biological Conservation*, 254, 108921. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108921>
- Specieslink Network (2022). Available at [specieslink.net](https://specieslink.net) Accessed 7 December 2022.
- Strassburg, B. B., Brooks, T., Feltran-Barbieri, R., Iribarrem, A., Crouzeilles, R., Loyola, R., ... & Balmford, A. (2017). Moment of truth for the Cerrado hotspot. *Nature Ecology & Evolution*, 1(4), 0099. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>
- Tubelis, D. P., & Cavalcanti, R. B. (2001). Community similarity and abundance of bird species in open habitats of a central Brazilian Cerrado. *Ornitologia Neotropical*, 12(1), 57-73.

- Velazco, S. J. E., Villalobos, F., Galvão, F., & Júnior, P. D. M. (2023). Transboundary conservation opportunities for Cerrado's plant species. *Biological Conservation*, 284, 110194. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110194>
- WikiAves (2023) WikiAves, a Enciclopédia das Aves do Brasil. Available at <http://www.wikiaves.com.br>. Accessed 21 January 2023.
- Wilman, H., Belmaker, J., Simpson, J., de la Rosa, C., Rivadeneira, M. M., & Jetz, W. (2014). EltonTraits 1.0: Species-level foraging attributes of the world's birds and mammals: Ecological Archives E095-178. *Ecology*, 95(7), 2027-2027. <https://doi.org/10.1890/13-1917.1>
- Zucchetto, M. F., Da Silveira, N. S., Prasniewski, V. M., Arnhold, T., Sobral-Souza, T., & De Pinho, J. B. (2021). Effects of future climate change on the geographical distribution of a bird endemic to South American floodplains. *Avian Conservation & Ecology*, 16(2). <https://doi.org/10.5751/ACE-01893-160229>

## BIOSKETCH

SF possui interesse em espécies ameaçadas, especialmente o grupo das aves, com foco no preenchimento de lacunas de conhecimento aplicados à conservação. NMT tem interesses voltados para compreensão da distribuição de espécies, com foco em mamíferos de grande e médio porte. AABO se interessa pela compreensão do impacto de alterações na paisagem voltada para conservação de espécies e etnobiologia.

## ACESSIBILIDADE DE DADOS

Informações adicionais podem ser encontradas online na seção de Materiais Suplementares no final deste artigo.

## MATERIAL SUPLEMENTAR

**Tabela 1.** Ocupação potencial das espécies em áreas florestais e abertas com diferentes proporções de habitats nativos. Riqueza média de distribuição potencial (Riq.med.), desvio padrão (Desv.pad.), valor máximo, mínimo e porcentagem de potencial ocupação em relação ao total de células nativas (%P.ocup.)

	<b>DFS</b>	<b>DFI</b>	<b>DFD</b>	<b>DFS</b>	<b>DFI</b>	<b>DFD</b>
	<b>Área aberta 40%</b>			<b>Floresta 40%</b>		
Riq. med.	6,15	15,08	19,16	5,53	10,15	18,82
Desv. pad.	1,69	5,35	5,14	2,50	5,36	4,24
Variação	2,85	28,61	26,43	6,26	28,69	18,01
Máximo	9,00	23,00	30,00	9,00	22,00	29,00
Mínimo	0,00	2,00	3,00	1,00	2,00	7,00
% P. ocup.	99,78	97,93	97,93	95,29	95,29	95,29
	<b>Área aberta 60%</b>			<b>Floresta 60%</b>		
Riq. med.	5,63	13,41	17,07	4,52	7,86	17,69
Desv. pad.	1,87	5,76	5,74	2,22	4,78	4,15
Variação	3,48	33,17	32,98	4,95	22,81	17,25
Máximo	9,00	22,00	29,00	9,00	20,00	27,00
Mínimo	0,00	2,00	3,00	1,00	2,00	7,00
% P. ocup.	99,59	97,26	97,26	95,97	95,97	95,97
	<b>Área aberta 80%</b>			<b>Floresta 80%</b>		
Riq. med.	4,96	12,03	15,96	3,93	6,81	17,45
Desv. pad.	1,92	5,71	6,59	1,79	4,07	3,72
Variação	3,67	32,63	43,43	3,22	16,55	13,83
Máximo	8,00	22,00	29,00	9,00	19,00	26,00
Mínimo	0,00	3,00	3,00	1,00	2,00	8,00
% P. ocup.	99,17	95,06	95,06	91,04	91,04	91,04
	<b>Área aberta 100%</b>			<b>Floresta 100%</b>		
Riq. med.	4,85	11,78	16,77	3,56	6,03	16,79
Desv. pad.	1,75	5,18	6,60	1,14	2,96	3,45
Variação	3,05	26,85	43,55	1,30	8,74	11,90
Máximo	8,00	22,00	29,00	7,00	14,00	25,00
Mínimo	0,00	3,00	3,00	2,00	3,00	9,00
% P. ocup.	99,00	93,84	93,84	86,13	86,13	86,13

**Tabela 2.** Áreas pouco impactadas no Cerrado, com células com menos de 60, 40, 20 e 0.01 de exposição a alterações. Representatividade no Cerrado (% CER), em Terras Indígenas (%TI), Unidades de Conservação (UC) e o somatório de áreas protegidas (%TI+UC) (A inflação da última célula de %TI+UC se dá pela sobreposição dos mapas de algumas UCs e TIs).

<b>% Impactada</b>	<b>% CER</b>	<b>%TI</b>	<b>%UC</b>	<b>%TI+UC</b>	
<60%		59,4	10,7	20,7	31,5
<40%		38,6	15,3	25,2	40,5
<20%		21,4	22,9	32,5	55,4
<0.01%		3,2	49,5	58,1	107,6