



**Uema**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO MARANHÃO



**Programa de  
Pós-graduação**  
em Ecologia e  
Conservação da  
Biodiversidade



**Ppg**  
Pró-Reitoria  
de Pesquisa  
e Pós-Graduação

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PPG  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO – CPG  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA  
BIODIVERSIDADE - PPGEGB

**BRUNA DE ABREU FERNANDES LIMA**

**USO DO HÁBITAT E PADRÃO DE ESTRUTURAÇÃO DAS ASSEMBLÉIAS DE AVES  
CHARADRIIFORMES (CHARADRIIDAE, SCOLOPACIDAE E LARIDAE) NA ILHA DE  
SÃO LUÍS, ZONA COSTEIRA MARANHENSE**

SÃO LUÍS

2026

**BRUNA DE ABREU FERNANDES LIMA**

**USO DO HÁBITAT E PADRÃO DE ESTRUTURAÇÃO DAS ASSEMBLÉIAS DE AVES  
CHARADRIIFORMES (CHARADRIIDAE, SCOLPACIDAE E LARIDAE) NA ILHA DE  
SÃO LUÍS, ZONA COSTEIRA MARANHENSE**

Documento de defesa da dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da biodiversidade da Universidade Estadual do Maranhão, como requisitos para finalização do mestrado.

Linha de Pesquisa: Ecologia e conservação da biodiversidade de ambientes terrestres e de transição

Orientadora: Dra. Flor Maria  
Guedes Las-Casas

Coorientador: Dr. João  
Paulo Tavares Damasceno

São Luís – MA  
2026

Ficha Catalográfica

LIMA, Bruna de Abreu Fernandes.

Uso do hábitat e padrão de estruturação das assembléias de aves Charadriiformes (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Ilha de São Luís, zona costeira maranhense / Bruna de Abreu Fernandes Lima. – São Luís, 2026.

83 f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Estadual do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, São Luís, 2026.

Orientadora: Dra. Flor Maria Guedes Las-Casas.

Coorientador: Dr. João Paulo Tavares Damasceno.

1. Aves limícolas. 2. Charadriiformes. 3. Ecologia costeira.
  4. Uso do hábitat. 5. Aves migratórias. 6. Conservação da biodiversidade.
- I. Título.

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Aos 02 dias do mês de fevereiro de 2026, no horário de 09:30h, foi realizada, de forma híbrida, a defesa pública de dissertação de mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade – PPGEGB/UEMA de **BRUNA DE ABREU FERNANDES LIMA** cuja pesquisa intitula-se “**USO DO HÁBITAT E PADRÃO DE ESTRUTURAÇÃO DAS ASSEMBLÉIAS DE AVES CHARADRIIFORMES (CHARADRIIDAE, SCOLOPACIDAE E LARIDAE) NA ILHA DE SÃO LUÍS, ZONA COSTEIRA MARANHENSE**”. A Banca Examinadora, constituída pela orientadora professora Dra. Flor Maria Guedes Las-Casas (Universidade Estadual do Maranhão), Prof. Dr. João Pedro Souza Alves (Universidade Estadual do Maranhão) e Profa. Dra. Hevana Santana Lima (Universidade Federal de Pernambuco - UFPE), emitiu o seguinte parecer: que a defesa do projeto foi satisfatória, mas que precisa haver correções no documento final geral e nos dois capítulos da dissertação, conforme sugerido pela banca, **sendo considerada APROVADA**.

Resultado final:

Aprovação

Aprovação com restrição

Reprovação


---

Eu, Flor Maria Guedes Las-Casas, Orientadora do trabalho, lavrei a presente Ata que segue por mim assinada e pelos demais membros da Banca Examinadora.


---

Documento assinado digitalmente  
 **FLOR MARIA GUEDES LAS CASAS**  
 Data: 02/02/2026 18:21:34-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Flor Maria Guedes Las-Casas (Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 **JOAO PEDRO DE SOUZA ALVES**  
 Data: 02/02/2026 19:45:12-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. João Pedro Souza Alves (Universidade Estadual do Maranhão)

Documento assinado digitalmente  
 **HEVANA SANTANA DE LIMA**  
 Data: 02/02/2026 19:09:05-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Hevana Santana Lima (Universidade Federal de Pernambuco – UFPE)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus em nome de Jesus, pelo fôlego de vida, por ser minha firme rocha a qual tem me sustentado até o presente momento, por todo bem que me tem feito mesmo sem merecimento algum e por todas as provas que já me permitiu passar. Não fosse por isso, não teria alcançado sua misericórdia, nem O teria conhecido.

Agadeço a minha orientadora Flor pela parceria, por se esforçar tanto em se inscrever em editais e proporcionar auxílios para nós do grupo de Pesquisa em Ecologia e Conservação de Aves, pelo incentivo, pelas risadas descontraídas durante os campos, por todas as correções no meio da correria, pelos ensinamentos que tem me oferecido na trajetória até aqui, desde a graduação e pelo exemplo de resiliência dentro da Universidade, que por muitas vezes pode ser esmagadora.

Agradeço ao meu coorientador João, que mesmo de longe aceitou esta posição e tem conduzido as análises de modelagem deste estudo de maneira surreal, me dando bastante esperança durante todo o processo de confecção deste trabalho em todos os encontros semanais que tivemos, com ele com certeza tive um atalho imenso no aprendizado destas técnicas.

Agradeço ao meu esposo Felipe por todo sacrifício que teve que fazer nesse período em que estive no mestrado, por sempre me ajudar a resolver algum problema no excel ou no word ou no notebook (que quase desiste da existencia antes da entrega desse trabalho), sempre que meu juízo já tinha ido com Deus, por não vacilar em me ajudar me levar aos campos quando era necessário, além do companheirismo sempre.

Agradeço também às pessoas queridas que oraram por mim: meus pais e meus irmãos em Cristo, minha família Itapiracoense. Agradeço pelo apoio e pelas preocupações... ainda pude comemorar com todos vocês essa grande vitória, que infelizmente foi também nossa despedida da irmã Dalete. Não aproveitei sua amizade como deveria, sinto tanto! Obrigada pelo seu carinho e abraços, que tiravam o peso do mundo dos meus ombros.

Agradeço também imensamente a FAPEMA e a UEMA por prover uma bolsa de mestrado, algo que faz toda diferença na vida e dedicação do pesquisador, um benefício que infelizmente nem todos têm acesso. Além disso agradeço também a FAPEMA/EMAP, por proporcionar um edital (Programa Porto do Futuro) que contemplasse a ecologia e a conservação, isso me proporcionou conhecer de perto o Porto do Itaqui, um dos maiores portos públicos do Brasil e ainda poder contribuir com informações importantes para a proteção de espécies de aves que ocupam este espaço.

*“(...) E voem as aves sobre a face da expansão dos céus.”*

*Gênesis 1:20*

*“Mas, pergunta agora aos animais, e cada um deles te ensinará; e às aves dos céus, e elas te farão saber (...)”*

*Jó 12:7*

*“Até a cegonha no céu conhece os seus tempos determinados; e a rola, e o grou e a andorinha observam o tempo da sua arribação (...)”*

*Jeremias 8:7*

## RESUMO

O ecossistema costeiro existente na ilha de São Luís abriga uma heterogeneidade de habitats que as aves Charadriiformes utilizam durante parte do seu ciclo de vida. Estes habitats são selecionados durante o período de invernada de acordo com a disponibilidade alimentar, refúgio contra predadores e bons locais de descanso durante a migração. O presente estudo investigou a estruturação, diversidade e preferência de habitats das assembleias de aves Charadriiformes na zona costeira da Ilha de São Luís em quatro áreas distintas: Porto do Itaqui; Praia do Cajueiro; Ferry Boat e Canal da Raposa, em transectos de 500m a pé e de barco, entre março de 2023 e julho de 2025, utilizando métodos de contagem direta e bioacústica para identificação das espécies; também foi realizada análise estatística abrangente, utilizando modelos lineares generalizados mistos (*Generalized Linear Mixed Models* - GLMMs). Ao todo foram registradas 31 espécies, das quais oito apresentam algum nível de ameaça a nível nacional. A área da Raposa apresentou maior riqueza de espécies (31), seguida do Porto do Itaqui (22), Cajueiro (19) e Ferry (18). De acordo com as abundâncias máxima nas áreas, *C. pusilla* apresentou a maior contagem (8.000) no Cajueiro e *Calidris minutilla* a menor contagem (2) na Raposa. Apenas o modelo GLMM que considerou a interação entre a área e o habitat com fator tempo incluindo zero-inflado dos 36 modelos gerados, foi considerado o mais competitivo para explicar a diversidade de aves. O Porto do Itaqui se destacou nas comparações pareadas do índice de diversidade entre as áreas apresentando maior equitabilidade entre diversidade e abundância. Já a preferência das espécies em relação aos habitats foi *C. pusilla* principalmente em habitat de Lavado (LAV) e mangue (MAN); *C. semipalmatus* e *A. interpres* no habitat de Dunas com Lagoa Temporária (DLT); *C. cirrocephalus* nos habitats de Mar e Rio (MR) e Zona intertidal arenosa (ZIA); *P. simplex* em habitat de Praia (PRA); *L. atricilla*, *G. nilotica*, *S. supercilialis* e *S. antillarum* em habitats de Mar e Rio (MR); *C. canutus*, *T. acutiflavus*, *S. hirundo* e *R. niger* em Praia (PRA) e Zona intertidal arenosa (ZIA); Os resultados reforçam a importância dos ambientes costeiros maranhenses frente às ameaças antrópicas a qualidade dos habitats nos pontos de invernada e parada das aves migratórias, contribuindo com informações relevantes para políticas de conservação das áreas de estudo, como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) e a Lei do Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/1988), pois estes habitats são de extrema importância para continuidade das populações durante a migração, principalmente para aquelas espécies que estão em declínio populacional, como é o caso do *C. pusilla*, *S. antillarum* e *C. wilsonia*; e ainda contribui com ação de monitoramento para o Plano de Ação Nacional (PAN) de Conservação das aves migratórias.

**Palavras-chave:** Abundância, Composição, Porto do Itaqui, Preferência, Riqueza,

## ABSTRACT

The coastal ecosystem of São Luís Island harbors a heterogeneous mosaic of habitats that Charadriiform birds use during part of their life cycle. These habitats are selected during the wintering period according to food availability, refuge from predators, and suitable resting sites during migration. The present study investigated the structuring, diversity, and habitat preferences of Charadriiform bird assemblages along the coastal zone of São Luís Island in four distinct areas: Porto do Itaqui, Praia do Cajueiro, Ferry Boat, and Canal da Raposa. Surveys were conducted along 500 m transects, both on foot and by boat, between March 2023 and July 2025, using direct counts and bioacoustic methods for species identification. A comprehensive statistical analysis was also performed, employing Generalized Linear Mixed Models (GLMMs). In total, 31 species were recorded, eight of which are nationally threatened. Raposa showed the highest species richness (31), followed by Porto do Itaqui (22), Cajueiro (19), and Ferry (18). Regarding maximum abundances, *Calidris pusilla* presented the highest count (8,000) at Cajueiro, while *Calidris minutilla* had the lowest count (2) at Raposa. Among the 36 models tested, only the GLMM that considered the interaction between area and habitat with time factor and zero-inflation was deemed the most competitive to explain bird diversity. Porto do Itaqui stood out in pairwise comparisons of diversity indices among areas, showing greater equitability between diversity and abundance. Habitat preferences included *C. pusilla* mainly in Lavado (LAV) and mangrove (MAN); *C. semipalmatus* and *A. interpres* in Dunes with Temporary Lagoon (DLT); *C. cirrocephalus* in Sea and River (MR) and Sandy Intertidal Zone (ZIA); *P. simplex* in Beach (PRA); *L. atricilla*, *G. nilotica*, *S. superciliaris*, and *S. antillarum* in Sea and River (MR); *C. canutus*, *T. acufavidus*, *S. hirundo*, and *R. niger* in Beach (PRA) and Sandy Intertidal Zone (ZIA). The results highlight the importance of Maranhão's coastal environments in the face of anthropogenic threats to habitat quality at migratory stopover and wintering sites, providing relevant information for conservation policies such as the National Coastal Management Plan (PNGC) and the Coastal Management Law (Law No. 7.661/1988). These habitats are crucial for the continuity of populations during migration, especially for species undergoing population decline, such as *C. pusilla*, *S. antillarum*, and *C. wilsonia*. Furthermore, the study contributes monitoring data to the National Action Plan (PAN) for the Conservation of Migratory Birds.

Keywords: Preference, Composition, Abundance, Richness, Porto do Itaqui

## Sumário

1	INTRODUÇÃO GERAL .....	10
2	OBJETIVOS.....	12
2.1	Geral.....	12
2.2	Específicos.....	12
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	12
3.1	Aves Charadriiformes.....	12
3.2	Migração e rotas migratórias .....	13
3.3	Fatores ecológicos que afetam a migração das espécies Charadriiformes .....	15
	REFERÊNCIAS .....	19
	Artigo - COMMUNITY STRUCTURE OF CHARADRIIFORMS (CHARADRIIDAE, SCOLOPACIDAE AND LARIDAE) ON SÃO LUÍS ISLAND, BRAZILIAN EQUATORIAL COAST .....	29
	INTRODUÇÃO.....	30
1	METODOLOGIA.....	32
1.1	Área de estudo .....	32
1.2	Habitats.....	34
1.3	Coleta de Dados.....	36
1.4	Análise dos dados .....	37
2	RESULTADOS .....	39
3	DISCUSSÃO.....	46
4	CONCLUSÃO.....	50
	AGRADECIMENTOS .....	51
	REFERÊNCIAS .....	52
	CAPÍTULO 2 – SELEÇÃO DO HÁBITAT PARA AVES CHARADRIIFORMES (CHARADRII E SCOLOPACI) NO LITORAL DE SÃO LUÍS, ZONA COSTEIRA DO MARANHÃO.....	64
1.	INTRODUÇÃO.....	64
2	OBJETIVOS.....	65
3	METODOLOGIA.....	65
3.1	Área de estudo .....	65
3.2	Coleta de dados .....	66
3.3	Análise de dados.....	67
4	RESULTADOS .....	68
5	DISCUSSÃO .....	72
6	CONCLUSÃO.....	73
	REFERÊNCIAS .....	75
	APÊNDICE I - Abundância total de espécies por mês em cada área.....	78
	APÊNDICE II - Abundância máxima de espécies por área .....	80

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas costeiros englobam áreas sob influência direta de rios e oceanos, sendo caracterizado por ambientes aquáticos, terrestres e de transição, sujeitos a variação das marés. Essa diversidade de habitats, como lamaçais, marismas, estuários, dunas, manguezais e restingas, favorece distintos padrões de distribuição faunística e a abriga diversas espécies que dependem desses berçários naturais (Schaeffer-Novelli, 2015, 2016).

Dentre os grupos que se beneficiam desses ambientes, destacam-se aqui as aves da ordem Charadriiformes, que se encontram em áreas costeiras, estuarinas, salinas, lamaçais intertidais, praias fluviais e oceânicas (Symonds, *et al* 1984; Larrazabál *et al* 2002; Azevedo-Júnior *et al* 2004; Neuman, *et al* 2008); refugiando-se das baixas temperaturas do Hemisfério Norte durante o período de migração. Elas permanecem a maior parte do seu ciclo de vida nos sítios de invernada, onde reabastecem suas reservas energéticas e realizam as trocas de plumagem após extensas jornadas de voos migratórios (Morrison & Ross, 1989, Sick, 1997).

A fragmentação dos habitats costeiros e a consequente perda de recursos nessas áreas, resultam de uma combinação de fatores naturais e antrópicos. Entre os processos naturais, destacam-se a movimentação das massas de água, a variação das marés e as transições entre diferentes coberturas vegetais, que são agravadas pelas ações humanas e desempenham grandes ameaças a esses ecossistemas (He & Silliman, 2019; Ury, *et al.* 2021).

Já os fatores antrópicos como o crescimento urbano e populacional, a expansão da agricultura e aquicultura em alguns litorais, atividades turísticas, descarte irregular de lixo, atividades de pesca, o uso desordenado dos espaços e as alterações climáticas comprometem o equilíbrio do ecossistema costeiro e contribuem diretamente para o declínio das populações mundiais de aves Charadriiformes, fenômeno relatado desde a década de 90 (Furness, R. W. & Camphuysen, C. J. 1997; Bart. J. *et al.* 2007; Piersma, T. *et al.* 2016; Jackson, M. V *et al.* 2021; Smith *et al.* 2023).

Além de provocarem alterações significativas na paisagem (Nichols, *et al.* 2019; Lansu, 2024; Van de Pol. *et al.* 2024), estas mudanças influenciam diretamente na migração e distribuição das aves Charadriiformes, pois promovem a perda de habitats essenciais para a reprodução e invernada das aves dependentes desses ambientes, inclusive afetando suas estratégias migratórias. (Henkel, 2015; Nichols, *et al.* 2019; Gouvêa *et al.* 2023; Clements *et al.* 2025).

A degradação desses ambientes afeta diretamente o ciclo de vida das aves Charadriiformes, que desempenham papéis ecológicos fundamentais. Elas contribuem para o enriquecimento do solo com o aumento do nitrogênio e fósforo (González-Bergonzoni *et al.* 2017; Zmudczyńska-Skarbek e Balazy 2017; Otero *et al.* 2018); atuam como dispersores de sementes

(Lovas-kiss, *et al.* 2019) controlam populações de insetos, anelídeos, nematódeos, peixes e pequenos crustáceos ao se alimentarem (Skagen e Oman, 1996; Fonteneau, *et al.* 2012; Smith *et al.* 2012); além de servirem como bioindicadores da qualidade ambiental, pois dependem da abundância de recursos em diferentes níveis da cadeia trófica para prosperar.

O Maranhão está entre cinco estados do litoral brasileiro com maior cobertura de apicuns e manguezais; apresentando uma cobertura de 87% dessas duas vegetações; praia, dunas e areal com 97% - que são fitofisionomias típicas de ambientes costeiros - tudo isso dentro de Unidades de Conservação (ver MapBiomias, 2022). O estado também possui áreas úmidas reconhecidas internacionalmente, sendo inclusas tanto na Rede Hemisférica de Reservas de Aves Limícolas, como também na Lista de Zonas Úmidas de Importância Internacional para conservação (Brasil, 1996). Mas essas mesmas áreas, inclusas em medidas protetivas, têm diminuído ao longo dos anos (Rêgo, *et al.* 2018).

A seleção do habitat ou microhabitat têm sido amplamente estudados em diferentes regiões do mundo, tanto em áreas de reprodução quanto em áreas de invernada (Bryant, 1979; Evans *et al.* 1984; Davis & Smith, 1998; De Leon TM, Smith LM, 1999; Burguer, *et al.* 2007; Fasheng Zou *et al.*, 2008; Cardoso, T. A. L 2011; Nergiz e Durmus, 2017; Putra, C.A., Perwitasari-Farajallah, D. & Mulyani, Y.A., 2017; Anderson, *et al.* 2023). Já no Maranhão, alguns estudos foram conduzidos para compreender os padrões das assembléias, distribuição, identificar os tamanhos populacionais e os declínios ao longo dos anos.

Esses estudos forneceram importantes informações para o manejo e a conservação das espécies e das áreas, como ameaças e vulnerabilidades (Rodrigues, 2000; Rodrigues e Lopes, 2000; Baker *et al.* 2005; Rodrigues 2007; Rodrigues *et al.* 2010; Carvalho e Rodrigues, 2011; Almeida e Rodrigues, 2015; Silva e Rodrigues, 2015) mas nenhum em relação a influência do hábitat na abundância destas espécies.

Essa lacuna é especialmente preocupante, pois trata-se dos hábitats que espécies em estado crítico de conservação (participantes na lista nacional de espécies ameaçadas do estado - CONSEMA, 2025), utilizam para continuar seu ciclo anual de migração. Além desse fator, algumas dessas espécies estão contempladas no Plano de Ação Nacional (PAN) para conservação de Aves Limícolas, reforçando a urgência e relevância da proposta.

Portanto este trabalho, que será dividido em dois capítulos, tem a intenção de: no capítulo um, (1) identificar o padrão de estruturação das aves Charadriiformes entre as áreas de estudo; (2) verificar se a área, o hábitat e o fator tempo (anos) influenciam na distribuição das aves Charadriiformes entre as áreas amostradas; (3) verificar se há diferença na diversidade de espécies entre as áreas; e (4) identificar quais os hábitats têm sido preferencialmente utilizados por cada espécie.

Já no segundo capítulo a intenção é de (5) verificar se o tipo de hábitat influencia positiva ou negativamente na abundância das espécies. Pois para o capítulo 1 a hipótese é que (i) há diferenças nas assembléias entre as áreas estudadas influenciadas pelo tipo de hábitat. Já para o capítulo 2 a hipótese é que (ii) as espécies terão sua abundância baseada na proporção de habitats naturais (com inclinação positiva), em detrimento de habitats antropizados (com inclinação negativa ou assíntota).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

- Determinar o padrão de estruturação das assembléias de aves da Ordem Charadriiformes no litoral ludovicense e verificar a influência do hábitat nas suas abundâncias.

### **2.2 Específicos**

- Identificar os padrões de riqueza, abundância e composição das assembléias de aves Charadriiformes nas áreas;
- Comparar os padrões de diversidade de aves Charadriiformes no litoral de São Luís.
- Identificar quais habitats as espécies Charadriiformes têm preferencialmente ocupado no litoral de São Luís.
- Identificar quais tipos de hábitat influenciam positiva ou negativamente na abundância das espécies de aves Charadriiformes da subordem Charadrii e Scolopaci (limícolas);

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 Aves Charadriiformes**

A ordem das aves Charadriiformes (Huxley, 1867) possui três subordens: (1) Charadrii (Huxley, 1867) representados por: Quero-quero, Batuíras; Piru-piru; pernilongos; (2) Scolopaci (Stejneger, 1885) representados por: Maçaricos, perdizes, narcejas e afins, estas duas primeiras sendo consideradas aves limícolas e (3) a subordem Lari (Sharpe, 1891) representada por: Gaivotas, trinta-réis e mandriões (Pacheco et al, 2021) sendo a das aves marinhas. Ao todo a ordem possui 19 famílias e 383 espécies (The Cornell Lab, 2025).

As aves limícolas são espécies dependentes de ambientes úmidos, que vivem em assembléias que frequentemente são vistas em bandos mistos de várias espécies (Rodrigues, 2007; Accordi, 2010). Podem ser encontradas em zonas interditaís, marginaís a corpos d'água ou de alagados com pouca profundidade, hábito que está associado a sua alimentação, sendo esta

composta de uma grande variedade de invertebrados que vivem na lâmina d'água como bivalves, caranguejos e poliquetas (Skagen and Oman, 1996; Smith *et al.*, 2012);

Estas aves apresentam o comportamento de hiperfagia, que é o ato de ingerir uma grande quantidade de alimento, produzindo assim reserva de gordura suficiente que serve de combustível durante as longas migrações que realizam no globo terrestre. Para isso, também diminuem sua capacidade digestiva a fim de economizar gordura. Estas são algumas adaptações fisiológicas e metabólicas que elas realizam para conseguir completar suas viagens de longa distância, pois qualquer alteração drástica entre o gasto e o reabastecimento dessa gordura feito através da alimentação nos pontos de parada/invernada ao longo das rotas migratórias, pode significar o insucesso na migração e na reprodução (Berthold, 2001; Dismore e Collazo, 2003; Conklin, *et al.* 2017).

Já as aves marinhas possuem grande flexibilidade tanto para o ambiente marinho quanto para o terrestre, estão presentes em áreas costeiras, ilhas e no oceano, o que implica dizer que possuem uma série de adaptações fisiológicas e morfológicas para conseguirem prosperar em ambientes tão distintos (Branco *et al.* 2010). O termo aves marinhas é usado para se referir às espécies que se alimentam em grande parte ou inteiramente de organismos marinhos e são adaptados a esse ambiente para ao menos parte do seu ciclo anual (Furness and Monaghan 1987; Croxall *et al.* 2012). Entre algumas características dessas aves estão: o formato do bico adaptado para pesca, a presença de membranas interdigitais entre os dedos, asas de velocidade para voos de longa distância e glândulas nasais para excreção de sal (Berthold, 2001).

Esses grupos de aves são bem distribuídos pelo globo terrestre, reproduzindo-se e nidificando majoritariamente no hemisfério Norte, entre o Ártico, zona temperada e sub-ártica entre os meses de junho, julho no verão, onde os recursos são abundantes por um curto período, mas suficiente para a rápida taxa de crescimento dos filhotes, aliado aos dias longos, que permitem um maior tempo para forragear (Tulp & Piersma, 2007; Winkler, 2020a,b). Depois do período reprodutivo, viajam milhares de quilômetros rumo ao hemisfério Sul, onde passam a maior parte do ano em áreas com temperaturas mais altas e uma disponibilidade de alimento equilibrada em habitats costeiros, alagados e lamosos (Morrison & Ross, 1989, Sick, 1997).

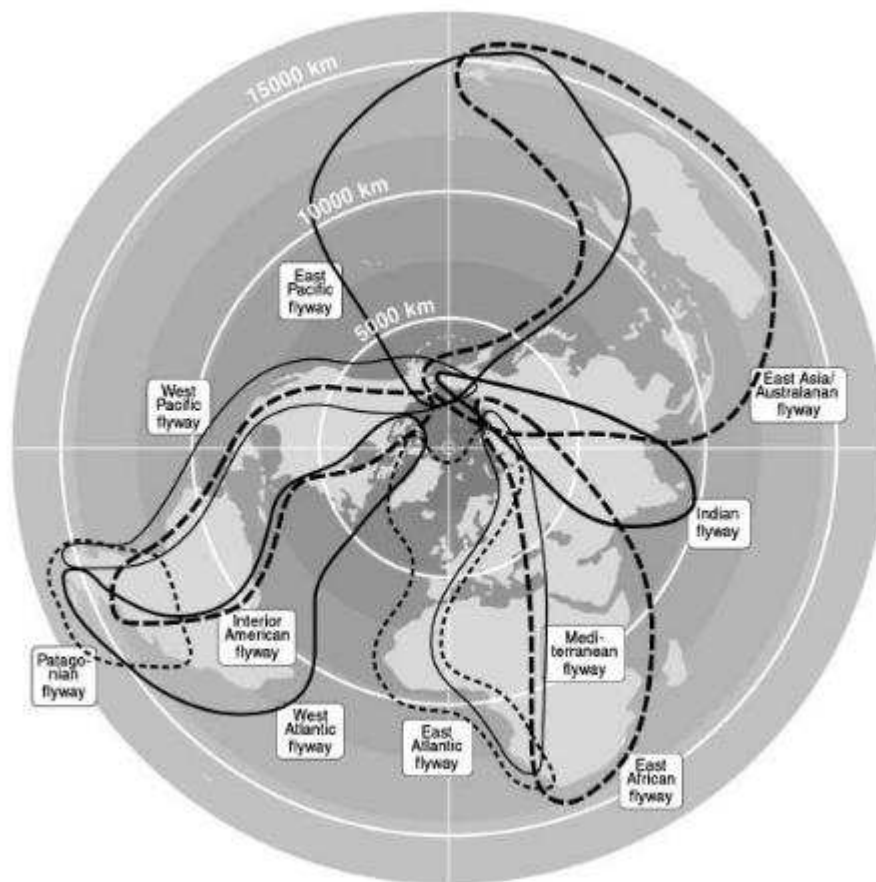
### **3.2 Migração e rotas migratórias**

A migração, seja ela de longa ou curta distância é um movimento sazonal realizado por vários grupos de seres vivos como peixes, mamíferos, anfíbios e aves; habilidade desenvolvida ao longo de anos de evolução de maneira independente em diferentes regiões do mundo, a qual é impulsionada por diversos fatores, tais como: a busca pela sobrevivência devido as mudanças de temperatura, pela sazonalidade das estações, a busca por recursos devido a escassez de alimento e

a busca por um par reprodutivo para a continuidade da espécie. (Berthold, P. 2001; Alerstam, *et al.* 2003).

No quesito migração de longa distância o grupo das aves supera qualquer outro grupo pela sua complexidade, já que precisam lidar com o voo ativo, direcionamento, o equilíbrio entre o seu tamanho, gasto energético e a manutenção da temperatura (Berthold, P. 2001). As aves migratórias limícolas e marinhas, realizam esses movimentos entre todos os continentes, sendo nove estes sistemas de migração global: Atlântico oeste e Atlântico leste, Interior Americano, Pacífico leste e Pacífico oeste, África, Mediterrâneo, Índia e Ásia-Austrália, sendo que algumas dessas rotas se sobrepõem principalmente nos locais de reprodução (Piersma e Lindstron, 2004).

*Figura 1 – Rotas migratórias entre os continentes.*



*Fonte: Imagem retirada do artigo “Migrating shorebirds as integrative sentinels of global environmental change”, produzida por van de Kam et al. (2004).*

Segundo Antas (1983), o Brasil apresenta pelo menos quatro rotas conhecidas e descritas para as aves Charadriiformes, são elas: 1) Rota do Atlântico que recebe aves vindas das Guianas e tem início na foz do Rio Amazonas no Amapá indo até a fronteira do Rio Grande do Sul com o Uruguai. Esta rota também possui um desvio chamado Variação Nordeste, que algumas espécies realizam se deslocando entre a ilha de São Luís pela baía de São Marcos e de São José até a baía de Todos os Santos no estado da Bahia.

2) A Rota Brasil Central que recebe aves vindas do norte e tem início também na foz do Rio Amazonas, as quais se deslocam entre os vales dos rios Araguaia/Tocantins e Xingu, Rio Parana até alcançar o Rio Grande do Sul, Paraguai e Argentina; 3) a Rota da Amazônia Central-Pantanal é utilizada por aves que vêm da Guiana Francesa, Suriname e Venezuela, alcançam o Rio Trombetas em seguida o Rio Amazonas no Pará, seguem pelo Rio Madeira e Tapajós em direção ao Sul, para o Pantanal; e a última é a 4) Rota Amazônia Ocidental que é utilizada por aves que vêm da América Central e Colômbia passando pelo Rio Guaporé e se unindo a Rota do Pantanal em direção ao Sul.

*Figura 2 – Rotas migratórias no continente Americano*



*Fonte: Imagem retirada do livro “Aves migratórias e nômades ocorrentes no Pantanal”.*

*Produzido por: Luiz Alberto Pellegrin - Laboratório de Geoprocessamento, Embrapa Pantanal, adaptado de IBAMA/CEMAVE, 2008).*

### 3.3 Fatores ecológicos que afetam a migração das espécies Charadriiformes

Durante os voos de longa distância nas rotas utilizadas por essas aves, elas enfrentam vários fatores ambientais como a sazonalidade, a disponibilidade de habitats, a disponibilidade de

alimento para manter sua reserva de gordura, o tempo de migração e o custo energético; a mortalidade durante a migração e a orientação da navegação; os quais afetam diretamente a abundância das populações mundiais, tanto nos sítios reprodutivos, quanto nos sítios de invernada.

A temperatura e a disponibilidade de alimentos são fatores críticos para sobrevivência das aves Charadriiformes, os quais são determinados pela sazonalidade do clima, através das mudanças de estação que ocorrem de forma natural - apesar de serem intensificadas pela ação humana - e bem definidas no Hemisfério Norte, onde essas espécies se reproduzem.

No verão há um pico na quantidade de presas disponíveis, permitindo uma taxa reprodutiva de maior sucesso, com ninhadas maiores, aproveitando essa boa disponibilidade de recursos para o rápido crescimento dos filhotes, de baixo custo energético para os pais, já que estes se alimentam sozinhos e o alto acúmulo de gordura para os adultos, que logo precisarão migrar para o Hemisfério Sul, fugindo do inverno onde a disponibilidade de alimento diminui, escapando para áreas onde as temperaturas não variam tanto e a quantidade de presas disponíveis é mais equilibrada durante o resto do ano. (Alerstam, *et al.* 2003; Tulp, *et al.* 2007).

Assim o segundo ponto crítico é o hábitat escolhido. Este componente é essencial, pois os locais devem ser favoráveis tanto para proteção contra possíveis predadores, permitindo que se camuflem no meio do ambiente e quanto ao forrageamento, permitindo que se alimentem satisfatoriamente, para passar dias nos sítios de parada recuperando energia e seguirem viagem rumo aos sítios de invernada.

Parte do desafio das aves migrantes é a competição que se estabelece com as residentes e entre o próprio grupo ao chegarem nos locais de alimentação (sítios de parada ou invernada), como seus bandos são expressivos, a densidade de espécies aumenta nesses locais, aumentando também a competição pelos recursos alimentares (Bell, 2000)

Mas graças as diferenças morfológicas como por exemplo tamanho do bico e dos tarsos e de preferências alimentares, essa competição pode se tornar menor, pois elas garantem a segregação espacial das espécies entre os locais escolhidos no momento de forragear. Além disso a heterogeneidade encontrada no hábitat, como áreas mais lamosas, ou arenosas, beira da maré ou águas paradas, solos mais compactos ou mais moles têm influência nessa escolha pela especialidade que cada espécie apresenta (Finn *et al.* 2008; Van Dusen *et al.* 2012; Novcic, 2014).

Portanto para estas espécies é benéfico a existência de habitats heterogêneos conservados durante as paradas e invernada, dessa forma ao mesmo tempo que atendem melhor aos requisitos de nicho de mais espécies, garantindo a segregação espacial e a diminuição da competição pela formação de nichos específicos, os habitats escolhidos apresentarão uma maior riqueza e densidade de espécies, as quais devolverão aquele local serviços ecológicos importantes para o equilíbrio local (Danufsky e Colwell 2003).

A boa escolha do local de alimentação e descanso durante a migração permite que estas espécies rapidamente reponham seu estoque de gordura, massa magra e outros órgãos afetados na migração, mas é necessário que haja um equilíbrio da quantidade ingerida, pois isso afeta sua velocidade de reação frente a uma ameaça eminente, que diminui drasticamente, estando assim mais propensas aos ataques de predadores (Burns & Ydenberg, 2002).

A predação produz uma série de efeitos ecológicos tanto nas presas, quanto nos predadores, sendo eles letais ou não letais. De acordo com (Cresswell, 2008) o efeito letal é aquele em que a presa morre durante a predação e o não letal é aquele que pode afetar a densidade de presas, diminuindo a quantidade delas no local em que o predador está e aumentando em outras áreas, controlando a cadeia alimentar de baixo para cima.

Esta é uma resposta comportamental da presa para evitar o predador, que afeta a dinâmica da comunidade no local, evitando áreas que lhes dariam maior taxa de ingestão e investindo em comportamento antipredação (McNamara et al. 1994), restringindo-se a áreas mais seguras ou recorrendo a táticas de proteção em grupo mesmo em áreas mais expostas (Lima, 1992); o que é bastante comum para aves limícolas, já que são constantemente observadas em assembleias em áreas úmidas como praias, beira de rios e mangues (Morrison e Ross 1989; Miotto, et al. 2023).

Para as aves migratórias, a condição corporal afeta não apenas o tempo de resposta a predadores, mas o ponto principal do seu peso é a estratégia de tempo de voo utilizada durante a migração, pois isso requer uma grande quantidade de armazenamento de gordura, já que alguns indivíduos percorrem os oceanos sem nenhuma possibilidade de parada (Piersman, 1998).

Por esse motivo, ocorre o que é conhecido como plasticidade fenotípica, que são vários ajustes fisiológicos pré-migração, como a hipertrofia muscular do coração e das asas para ter mais força durante os voos e a redução dos seus órgãos digestivos como fígado, intestino e estômago. As espécies que percorrem maiores distâncias com menos possibilidade de parada tendem a ter reduções maiores desses tecidos, bem como maiores reservas de gordura (Piersman, 1998; Battley et al 2001).

As estratégias de acúmulo de gordura vão variar de acordo com a distância percorrida e o risco de predação. Espécies que realizam longa distância, como *Calidris melanotos* e *Calidris fuscicollis*, adotam estratégias de minimização do tempo, partindo com mais reservas de gordura, realizando menos paradas e voando mais rápido. Esse tipo de estratégia apresenta uma probabilidade menor de novas paradas no meio do percurso; já para as espécies que realizam média ou curta distância, como *Calidris minutilla* e *Charadrius semipalmatus*, utilizam estratégias de minimização de energia, ou seja, eles vão parar mais para reabastecer e vão selecionar melhor os ventos favoráveis para que gastem menos reservas durante o percurso (Anderson et al, 2019).

Dessa forma o que definirá o sucesso migratório é a união de todos esses fatores em

harmonia. A quantidade de gordura armazenada em relação ao tamanho corporal e a capacidade de economizar energia e proteína durante o voo; o local de alimentação, se é bastante rico em presas ou não, o que também definirá a velocidade do reabastecimento e da troca de plumagem; o tipo de migração que a espécie realiza, seja ela de longa, média ou curta distância, se é direta ou com paradas; e por fim a sobrevivência a exaustão, em casos onde não há possibilidade de parada, e aos predadores presentes nos habitats durante sua estadia.

## REFERÊNCIAS

- ACCORDI, I. A. **Pesquisa e conservação de aves em áreas úmidas**. Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento. Technical books editora. LTDA. 516, p. Rio de Janeiro, 2010.
- ALMEIDA, A & RODRIGUES, A. A. F. **Abundância sazonal de aves limícolas em área costeira amazônica, praia de Panaquatira, golfo maranhense, Brasil**. Revista Ornithologia 8(1):38-42, jun.2015.
- ALERSTAM, T., HEDENSTRÖM, A. AND ÅKESSON, S. (2003), **Long-distance migration: evolution and determinants**. Oikos, 103: 247-260. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12559.x>
- ANTAS, P.T.Z. 1983. **Migration of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brazil – flyways and their different seasonal use**. Wader Study Group Bulletin 39(1): 52-56.
- ANDERSON A., DUIJNS S, SMITH P.A, FRIIS C, NOL E. (2019). **Migration distance and body condition influence shorebird migration strategies and stopover decisions during southbound migration**. Front Ecol Evol 7.
- ANDERSON, CHRISTINE M. et al. (2023). **Climate-related range shifts in Arctic-breeding shorebirds**. Ecology and Evolution, v. 13, n. 2, p. e9797.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E.; PENA, O. Aves aquáticas de ambientes antrópicos (salinas) do Rio Grande do Norte, Brasil. In: BRANCO, J. O. (ed.). **Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação**. Itajaí: Editora da Univali, 2004. cap. 12, p. 255-266.
- BART, J., BROWN, S., HARRINGTON, B. AND I. GUY MORRISON, R. (2007), Survey trends of North American shorebirds: population declines or shifting distributions?. Journal of Avian Biology, 38: 73-82. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0908-8857.03698.x>
- BATTLE, P F. et al.(2001). **Is long-distance bird flight equivalent to a high-energy fast? Body composition changes in freely migrating and captive fasting great knots**. Physiological and Biochemical Zoology, v. 74, n. 3, p. 435-449.

BAKER, A.J., GONZÁLEZ, P.M., SERRANO, I.L., JÚNIOR, W.R.T., EFE, M.A., RICE, S., D'AMICO, V.L., ROCHA, M.C. & ECHAVE, M.E. 2005. **Assessment of the wintering area of Red Knots in Maranhão, northern Brazil, in February 2005**. Wader Study Group Bull. 107: 10–18.

BERTHOLD, P. 2001. **Bird Migration. A general survey**. 2º Ed., Oxford University Press, New York. *Biology of Marine Birds* Edited by E. A. Schreiber Joanna Burger, 2001. Disponível em > <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.1201/9781420036305/biology-marine-birds-joanna-burger-schreiber>.< Acessado 19 de Junho de 2025.

BELL, P. CHRISTOPHER. (2000). **Process in the evolution of bird migration and pattern in avian ecogeography**. *Journal of Avian Biology*, v. 31, n. 2, p. 258-265.

BRANCO, J.O., E. BARBIERI AND H.A.A. FRACASSO. 2010. **Técnicas de pesquisa em aves marinhas**; pp. 219–235, in: Von Matter, S., F. Straube, I. Accordi, V.Q. Piacentini & J.F. Cândido-Jr. (orgs.). *Ornitologia e conservação: Ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Rio de Janeiro: Editora Technical Books.

BRASIL. Decreto Federal nº 1.905, de 16 de maio de 1996. In: *Diário Oficial da União*, 17 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fev.1971.

BRYANT, D. M. 1979. **Effects of prey density and site characteristics on estuary usage by overwintering waders (Charadrii)**. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 9: 369–384.

BURGER, D; CARLUCCI, S.A.; JEITNER, C.W., and NILES, L., 2007. **Habitat choice, disturbance, and management of foraging shorebirds and gulls at a migratory stopover**. *Journal of Coastal Research*, 23(5), 1159–1166. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.

BURNS, J. G. & YDENBERG, R. C. 2002. **The effects of wing loading and gender on the escape flights of least sandpipers (*Calidris minutilla*) and western sandpipers (*Calidris mauri*)**. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 52, 128–136.

CARDOSO, T. A. L. **Distribuição de aves limícolas migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) em estuários: preferência de habitats e estrutura das assembléias.** 2011. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2011. Tede UEPB.

CARVALHO, D. L. & RODRIGUES, A.A.F. 2011. **Spatial and temporal distribution of migrant shorebirds (Charadriiformes) on Caranguejos Island in the Gulf of Maranhão, Brazil.** Revista Brasileira de Ornitologia. Vol.19; nº4.7p. Dez/2011

CLEMENTS, SARAH J.; JASON P. LOGHRY; JENNIFER A. LINSKOTT; JORGE RUIZ; JOE C. GUNN; JUAN G. NAVEDO; NATHAN R. SENNER; BART M. BALLARD; MITCH D. WEEGMAN, 2025. **Migration strategy and constraint in migration behavior vary among shorebird species with different life histories.** Ecosphere published by Wiley Periodicals LLC on behalf of The Ecological Society of America. DOI: 10.1002/ecs2.70161

CONKLIN, J.R., SENNER, N.R., BATTLE, P.F. AND PIERSMA, T. (2017), **Extreme migration and the individual quality spectrum.** J Avian Biol, 48: 19-36. <https://doi.org/10.1111/jav.01316>

CRESSWELL, W. (2008) **Non-lethal effects of predation in birds.** Ibis, v. 150, n. 1, p. 3-17.

DANUFISKY, Tamar; COLWELL, Mark A. **Winter shorebird communities and tidal flat characteristics at Humboldt Bay, California.** The Condor, v. 105, n. 1, p. 117-129, 2003.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CONSEMA. Resolução nº 82, de 5 de maio de 2025. Portal Amazônia. Acessado em 01 de agosto de 2025.

COSTA-NETO, J. P.; BARBIERI, R.; IBAÑEZ, M. DO S. R.; CAVALCANTE, P. R. S.; PIORSKI, N. M. **Limnologia de três ecossistemas aquáticos característicos da baixada maranhense.** Bol. Lab. Hidrobiol. 2014, 14.

CROXALL, J., BUTCHART, S., LASCELLES, B., STATTFIELD, A., SULLIVAN, B., SYMES, A., & TAYLOR, P. (2012). **Seabird conservation status, threats and priority actions: A global assessment.** Bird Conservation International, 22(1), 1-34.

doi:10.1017/S0959270912000020.

DAVIS, CRAIG A. AND SMITH, LOREN M. (1998) "**Behavior of Migrant Shorebirds in Playas of the Southern High Plains, Texas.**" *Condor*: Vol. 100 : Iss. 2 , Article 6. Disponível em ><https://digitalcommons.usf.edu/condor/vol100/iss2/6>.

DE LEON TM, SMITH LM. 1999. **Behaviour of migrating shorebird at North Dakota prairie potholes.** *Condor* 101:647e54.

DISNMORE, S.J. & COLLAZO, J.A. 2003. **The influence of body condition on local apparent survival of spring migrant sanderlings in coastal North Carolina.** *The Condor*, 105:465–473.

EVANS. P. R. AND P. J. DUGAN. 1984. **Coastal birds: numbers in relation to food resources**, p. 8-28. In P. R. Evans, J. D. Goss-Custard, and W. G. Hale [eds.], *Coastal waders and wildfowl in winter*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England

FASHENG ZOU, HANHUA ZHANG, TOM DAHMER, QIONGFANG YANG, JUNXIN CAI, WEI ZHANG, CHAOYU LIANG. **The effects of benthos and wetland area on shorebird abundance and species richness in coastal mangrove wetlands of Leizhou Peninsula, China.** *Forest Ecology and Management*, Volume 255, Issue 11, 2008, Pages 3813-3818. ISSN 0378-1127. doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.020.

FINN P.G., CATTERALL C.P., DRISCOLL PV. 2008. **Prey versus substrate as determinants of habitat choice in a feeding shorebird.** *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **80**: 381–390.

FONTENEAU, F., PAILLISSON, J. M., KINSELLA, J. M., LATRAUBE, F. & MARION, L. (2009). **First description of the helminth community in the Whiskered Tern *Chlidonias hybrida* (Lariforma: Sternidae) in France.** *Revue D Ecologie-La Terre Et La Vie* 64, 79-84.

FURNESS, R. W. AND CAMPHUYSEN, C. J. 1997. **Seabirds as monitors of the marine environment.** – *ICES Journal of Marine Science*, 54: 726–737.

FURNESS, R.W. AND P. MONAGHAN. 1987. **Seabird Ecology.** Blackie, Glasgow, UK.

GONSIOROSKI, G.H. (2011) [WA407028], **Charadrius wilsonia** (Ord, 1814)]. Wiki Aves. Disponível em <https://www.wikiave.com/407028>> Acesso em: 17 de Janeiro de 2024.

GONZÁLEZ-BERGONZONI I, JOHANSEN K., MOSBECH A., LANDKILDEHUS F., JEPPESEN E., DAVIDSON T. (2017) **Small birds, big effects: the little auk (*Alle alle*) transforms high arctic ecosystems**. Proc Royal Soci Biol Sci 284:20162572

GOUVÊA, A. C., BRAVO, G. A., ANTAS, P. D. T. Z., SCHUCHMANN, K. L., & SILVEIRA, L. F. (2023). **Rainy cycles in South America as a driver for the breeding of the Black Skimmer (*Rynchops niger*) and the Large-billed Tern (*Phaetusa simplex*)(Aves, Charadriiformes)**. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 63, e202363028.

HENKEL, J. (2015). **Migration strategy predicts stopover ecology in shorebirds on the northern Gulf of Mexico**. *Animal Migration*.

HE, Q., & SILLIMAN, B. R. (2019). **Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene**. *Current Biology*, 29(19), R1021–R1035. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2019.08.042>

JACKSON , M.V BRADLEY K. WOODWORTH , ROBERT BUSH , ROBERT S. CLEMENS, RICHARD A. FULLER , STEPHEN T. GARNETT , AMANDA LILLEYMAN , MARTINE MARON , CHRIS PURNELL , DANNY I. ROGERS & TATSUYA AMANO (2021): **Widespread use of artificial habitats by shorebirds in Australia**, *Emu - Austral Ornithology*, DOI: 10.1080/01584197.2021.1873704

LANSU, E.M., REIJERS, V.C., HÖFER, S. *et al.* 2024. **A global analysis of how human infrastructure squeezes sandy coasts**. *Nat Commun* **15**, 432. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44659-0>

LARRAZÁBAL, M. E.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; PENA, O. Monitoramento de aves limícolas na Salina Diamante Branco, Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, n. 4, p. 1081-1089, 2002.

LIMA, S.L. 1992. **Strong preference for apparently dangerous habitats – a consequence of differential escape from predators**. *Oikos* 64: 597–600.

LOVAS-KISS, Á., SÁNCHEZ, M.I., WILKINSON, D.M., COUGHLAN, N.E., ALVES, J.A. AND GREEN, A.J. (2019), **Shorebirds as important vectors for plant dispersal in Europe**. *Ecography*, 42: 956-967. <https://doi.org/10.1111/ecog.04065>

MIOTTO M.L., *et al.* 2023. **Aquatic Avifauna in a Subtropical Estuarine System, a World Heritage (paraná, Southern Brazil)**. Zenodo, junho de 2023, <https://doi.org/10.5281/zenodo.8102406>.

MCNAMARA JM, HOUSTON AI, LIMA SL (1994) **Foraging routines of small birds in winter: a theoretical investigation**. *J. Avian Biol*25:287–302.

MORRISON, R. I. G. & ROSS, R. K. 1989. **Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America**. Vol. 2. Canadian Wildlife Service, Ottawa.

NEUMAN, K. K.; HENKEL, L. A., PAGE, G. W. **Shorebird use of sandy beaches in central California**. *Waterbirds, Delta*, v. 31, n. 1, p. 115-121, 2008.

NERGIZ, H.; DURMUS, A. (2017) Effects of habitat change on breeding waterbirds in arin (sodali) lake,(Turkey). **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 15, n. 3, p. 1111-1118.

NICHOLS, C.R; ZINNERT, J., AND YOUNG, D.R. **Degradation of Coastal Ecosystems: Causes, Impacts and Mitigation Efforts**. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature 2019. *Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent*, Coastal Research Library 27, [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-6_8)

NOVCIC I. 2014. **Foraging ecology of shorebirds at a stopover site: niche dynamics, aggression and resource use in Delaware Bay**. Ph.D. thesis, The City University of New York, New York.

NUNES, A. P. **Aves migratórias e nômades ocorrentes no Pantanal** [recurso eletrônico] / Alessandro Pacheco Nunes; Walfrido Moraes Tomas – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. P. 14.

OTERO X.L, DE LA PEÑA-LASTRA S, PÉREZ-ALBERTI A, FERREIRA T.O, HUERTA-

- DIAZ M.A (2018) **Seabird colonies as important global drivers in the nitrogen and phosphorus cycles**. *Nat Commun* 9:246
- PACHECO, J.F., SILVEIRA, L.F., ALEIXO, A. et al.2021. **Annotated checklist of the birds of Brazil** by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. *Ornithol. Res.* 29, 94–105 (2021). DOI:10.1007/s43388-021-00058-x
- PIERSMA, T. & GILL, R.E. 1998. **Guts don't fly: small digestive organs in obese Bar-tailed godwits**. *The Auk*, 115: 196-203.
- PIERSMA, Theunis et al. Simultaneous declines in summer survival of three shorebird species signals a flyway at risk. **Journal of Applied Ecology**, v. 53, n. 2, p. 479-490, 2016.
- PIERSMA, T. 2002. **Energetic Bottlenecks and Other Design Constraints in Avian Annual Cycles**. In: Design constrains on avian life history and performance Symposium. *Integrated and Complementar Biology*, 42:51–67
- PIERSMA, T.; LINDSTRÖM, Å. (2004). **Migrating shorebirds as integrative sentinels of global environmental change**. *Ibis*, v. 146, p. 61-69.
- PUTRA, C.A., PERWITASARI-FARAJALLAH, D. & MULYANI, Y.A. (2017). **Habitat use of migratory shorebirds on the coastline of Deli Serdang Regency, North Sumatra Province**. *HAYATI Journal of Biosciences*, 24, 16–21.
- RODRIGUES, A. A. 2000. **Seasonal abundance of Nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil**. *Journal of Field Ornithology*. DOI: 71. 10.1648/0273-8570-71.4.665.
- RODRIGUES, A. A. F.; LOPES, A. T. Y. **The occurrence of Red Knots *Calidris canutus* on the north-central coast of Brazil**. *Bulletin-british ornithologists club*, v. 120, n. 4, p. 251-258, 2000.
- RODRIGUES, A. A. F. 2007. **Priority areas for conservation of migratory and resident shorebirds on the coast of Brasilian Amazonia**. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15 (2):209-

218.

RODRIGUES, A.A.F.; BEZERRA., L. R. P.; PEREIRA A.S; CARVALHO, D.L E LOPES A.T.L. 2010. **Reprodução de *Sternula antillarum* (Charadriiformes: Sternidae) na costa amazônica do Brasil.** Revista Brasileira de Ornitologia, 18(3):216-221 Set/2010.

RÊGO, J. C. L., SOARES-GOMES, A., & DA SILVA, F. S. (2018). **Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhão Island, Brazil).** Land Use Policy, 71, 593-601. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.055>.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., Soriano-Sierra, E. J., Vale, C. C. do., Bernini, E., Rovai, A. S., Pinheiro, M. A. A., Schmidt, A. J., Almeida, R. de Coelho Júnior, C., Menghini, R. P., Martinez, D. I., Abuchahla, G. M. de O., Cunha-Lignon, M., Charlier-Sarubo, S., Shirazawa-Freitas, J., & Cintrón-Molero, G. (2016). **Climate changes in mangrove forests and salt marshes.** *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(spe2), 37–52. DOI:10.1590/S1679-875920160919064sp2.

MAPBIOMAS (PROJETO) – **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Zona Costeira** - Coleção 7, acessado em 22 de agosto de 2025. DOI: <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/F1SN9W>.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., VALE, CC., and CINTRÓN, G. Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais. In: TURRA, A., and DENADAI, MR., orgs. **Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos [online]**. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, pp. 62-80. ISBN 978-85-98729-25-1.

SICK, H. 1997. **Ornitologia brasileira.** Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 307-318p. 912p.

SILVA, L. M. R. & RODRIGUES A. A. F. (2015) **Densidade e distribuição espacial de aves limícolas em habitats de forrageio na costa amazônica brasileira.** *Ornithologia* 8 (1): 17-21.

SKAGEN, S. K., AND H. D. OMAN. 1996. **Dietary flexibility of shorebirds in the western hemisphere.** *Canadian Field Naturalist*.

<<https://eurekamag.com/research/008/464/008464611.php>>. Accessed 14 Oct 2025.

SMITH, R. V., J. D. STAFFORD, A. P. YETTER, M. M. HORATH, C. S. HINE, AND J. P. HOOVER. 2012. **Foraging ecology of fall-migrating shorebirds in the Illinois River Valley.** PLOS ONE 7:e45121.

SMITH, P. A., A. C. SMITH, B. ANDRES, C. M. FRANCIS, B. HARRINGTON, C. FRIIS, R. I. G. MORRISON, J. PAQUET, B. WINN, AND S. BROWN (2023). **Accelerating declines of North America's shorebirds signal the need for urgent conservation action.** Ornithological Applications 125:duad003

SYMONDS, F. L.; LANGSLOW, D. R.; PIENKOWSKI, M. W. **Movements of wintering shorebirds within the Firth of Forth: species differences in usage of an intertidal complex.** Biological Conservation, v. 28, p. 187-215, 1984

THE CORNELL LAB; Explore Taxonomy. Disponível em: ><https://birdsoftheworld.org/bow/species#chioni1>> Acessado em: 10 de Julho de 2025, as 14:09.

TULP, I., & PIERSMA, T. **The arctic pulse: timing of breeding in long-distance migrant shorebirds [ie] shorebirds.**

URY, EMILY A. et al. (2021). **Rapid deforestation of a coastal landscape driven by sea-level rise and extreme events.**

VAN DE POL, M., BAILEY, L.D., FRAUENDORF, M. ET AL. **Sea-level rise causes shorebird population collapse before habitats drown.** Nat. Clim. Chang. 14, 839–844 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02051-w>

VAN DE KAM, J., ENS, B.J., PIERSMA, T. & ZWARTS, L. 2004. **Shorebirds. An Illustrated Behavioural Ecology.** Utrecht: KNNV Publishers.

VANDUSEN B.M., FEGLEY S.R., PETERSON C.H. 2012. **Prey distribution, physical habitat features, and guild traits interact to produce contrasting shorebird assemblages among foraging patches.** PLoS ONE, 7: e52694.

WINKLER, D. W., S. M. BILLERMAN, AND I. J. LOVETTE (2020). **Gulls, Terns, and Skimmers (Laridae)**, version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.  
<https://doi.org/10.2173/bow.larida1.01>

WINKLER, D. W., S. M. BILLERMAN, AND I. J. LOVETTE (2020). **Sandpipers and Allies (Scolopacidae)**, version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, B. K. Keeney, P. G. Rodewald, and T. S. Schulenberg, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA.  
<https://doi.org/10.2173/bow.scolop2.01>

ZMUDCZYŃSKA-SKARBK K, ZWOLICKI A, CONVEY P, BARCIKOWSKI M, STEMPNIEWICZ L (2015) **Is ornithogenic fertilisation important for collembolan communities in Arctic terrestrial ecosystems?** *Polar Res* 34:25629

Artigo **submetido** a revista “Estuarine, Coastal and Shelf Science”, de percentil 83 no site Scopus, correspondente ao estrato A2, dentro dos parâmetros solicitados no regimento interno no capítulo XXII, Seção I, Art. 64°.

**Artigo - COMMUNITY STRUCTURE OF CHARADRIIFORMS (CHARADRIIDAE, SCOLOPACIDAE AND LARIDAE) ON SÃO LUÍS ISLAND, BRAZILIAN EQUATORIAL COAST**

Bruna de Abreu Fernandes Lima<sup>a</sup>  
 João Paulo Tavares Damasceno<sup>b</sup>  
 Flor Maria Guedes Las-Casas<sup>c</sup>

<sup>a c</sup> Universidade Estadual do Maranhão (UEMA); Av. dos Portugueses, 1966, Bacanga, São Luís – MA, Brasil. <sup>b</sup> Sociedade para a Conservação das Aves do Brasil (SAVE) - Rua Fernão Dias, 219 cj 2, Pinheiros – SP. Brasil.

<sup>a</sup>brunafernandes8822@gmail.com;  
<sup>b</sup>joao.damasceno@savebrasil.org.br  
 Autor correspondente: <sup>c</sup>flormariaglc@gmail.com;

**RESUMO**

O ecossistema costeiro abriga espécies migratórias durante o período de migração, oferecendo alimentação e refúgio pela sua heterogeneidade. Neste estudo investigou-se a estruturação, diversidade e preferência de habitats das aves Charadriiformes na zona costeira da Ilha de São Luís em quatro áreas distintas entre março de 2023 e julho de 2025; realizou-se análises estatísticas com modelos lineares generalizados mistos de distribuição do tipo *Beta* e ajuste de zero-inflado. Ao todo foram registradas 31 espécies, oito apresentam algum nível de ameaça; a área da Raposa apresentou maior riqueza de espécies (31). A espécie *C. pusilla* apresentou a abundância máxima de (8.000) no Cajueiro. De 36 modelos GLMM realizados, apenas aquele que considerou a interação entre a área e o habitat com fator tempo foi considerado competitivo para explicar a diversidade de aves. Porto do Itaqui foi destaque nas comparações pareadas do índice de diversidade entre as áreas apresentando maior equitabilidade. Espécies como *C. pusilla* estiveram preferencialmente em habitat de Lavado e mangue; *C. semipalmatus* e *A.interpress* em Dunas com Lagoa Temporária; *C. cirrocephalus*, *L. atricilla*, *G. nilotica*, *S. superciliaris* e *S. antillarum* em habitat de Mar e Rio; *P. simplex* em Praia; *C. canutus*, *T. acuflavidus*, *S. hirundo* e *R. niger* em Praia e Zona intertidal arenosa; Os resultados contribuem com informações relevantes para a Política Nacional de Gerenciamento Costeiro frente às ameaças antrópicas a qualidade dos habitats.

**Palavras-chave:** Abundância, Composição, Diversidade, Porto do Itaqui, Riqueza.

## ABSTRACT

The coastal ecosystem hosts migratory species during the migration period, offering food and refuge due to its environmental heterogeneity. In this study, we investigated the structure, diversity, and habitat preferences of Charadriiformes birds along the coastal zone of São Luís Island in four distinct areas between March 2023 and July 2025. Statistical analyses were performed using generalized linear mixed models (GLMMs) with Beta distribution and zero-inflated adjustment in the R software. The best models were selected based on the Akaike Information Criterion and the Bayesian Information Criterion. A total of 31 species were recorded, eight of which present some level of threat. The Raposa area showed the highest species richness (31). *C. pusilla* exhibited the highest abundance (8,000 individuals) in Cajueiro. Among the 36 GLMMs tested, only the model that considered the interaction between area and habitat with the time factor was considered competitive in explaining bird diversity. Porto do Itaqui stood out in pairwise comparisons of the diversity index among areas, showing greater equitability. Species such as *C. pusilla* were found preferentially in Lavado and mangrove habitats; *C. semipalmatus* and *A. interpres* in Dunes with Temporary Lagoons; *C. cirrocephalus*, *L. atricilla*, *G. nilotica*, *S. superciliaris*, and *S. antillarum* in Sea and River habitats; *P. simplex* on Beaches; and *C. canutus*, *T. acuflavidus*, *S. hirundo*, and *R. niger* in Beach and Sandy Intertidal Zone habitats. The results provide relevant information for the National Coastal Management Policy in the face of anthropogenic threats to habitat quality.

Keywords: Abundance, Composition, Diversity, Porto do Itaqui, Richness.

## INTRODUÇÃO

Os ecossistemas costeiros englobam áreas sob influência direta de rios e oceanos, sendo caracterizado por ambientes aquáticos, terrestres e de transição, sujeitos a variação das marés. Essa diversidade de habitats, como lamaçais, marismas, estuários, dunas, manguezais e restingas, favorece distintos padrões de distribuição faunística e a abriga diversas espécies que dependem desses berçários naturais (Schaeffer-Novelli, 2015, 2016).

Dentre os grupos que se beneficiam desses ambientes, destacam-se aqui as aves da ordem Charadriiformes, que se encontram em áreas costeiras, estuarinas, salinas, lamaçais intertidais, praias fluviais e oceânicas (Symonds, *et al* 1984; Larrazabál *et al* 2002; Azevedo-Júnior *et al* 2004; Neuman, *et al* 2008); refugiando-se das baixas temperaturas do Hemisfério Norte durante o período de migração. Elas permanecem a maior parte do seu ciclo de vida nos sítios de invernada, onde reabastecem suas reservas energéticas e realizam as trocas de plumagem após

extensas jornadas de voos migratórios (Morrison & Ross, 1989, Sick, 1997).

A fragmentação dos habitats costeiros e a consequente perda de recursos nessas áreas, resultam de uma combinação de fatores naturais e antrópicos. Entre os processos naturais, destacam-se a movimentação das massas de água, a variação das marés e as transições entre diferentes coberturas vegetais, que são agravadas pelas ações humanas e desempenham grandes ameaças a esses ecossistemas (He & Silliman, 2019; Ury, *et al.* 2021).

Já os fatores antrópicos como o crescimento urbano e populacional, a expansão da agricultura e aquicultura em alguns litorais, atividades turísticas, descarte irregular de lixo, atividades de pesca, o uso desordenado dos espaços e as alterações climáticas comprometem o equilíbrio do ecossistema costeiro e contribuem diretamente para o declínio das populações mundiais de aves Charadriiformes, fenômeno relatado desde a década de 90 (Furness, R. W. & Camphuysen, C. J. 1997; Bart. J. *et al.* 2007; Piersma, T. *et al.* 2016; Jackson, M. V *et al.* 2021; Smith *et al.* 2023).

Além de provocarem alterações significativas na paisagem (Nichols, *et al.* 2019; Lansu, 2024; Van de Pol. *et al.* 2024), estas mudanças influenciam diretamente na migração e distribuição das aves Charadriiformes, pois promovem a perda de habitats essenciais para a reprodução e invernada das aves dependentes desses ambientes, inclusive afetando suas estratégias migratórias. (Henkel, 2015; Nichols, *et al.* 2019; Gouvêa *et al.* 2023; Clements *et al.* 2025).

A degradação desses ambientes afeta diretamente o ciclo de vida das aves Charadriiformes, que desempenham papéis ecológicos fundamentais. Elas contribuem para o enriquecimento do solo com o aumento do nitrogênio e fósforo (González-Bergonzoni *et al.* 2017; Zmudczyńska-Skarbek e Balazy 2017; Otero *et al.* 2018); atuam como dispersores de sementes (Lovas-kiss, *et al.* 2019) controlam populações de insetos, anelídeos, nematódeos, peixes e pequenos crustáceos ao se alimentarem (Skagen e Oman, 1996; Fonteneau, *et al.* 2012; Smith *et al.* 2012); além de servirem como bioindicadores da qualidade ambiental, pois dependem da abundância de recursos em diferentes níveis da cadeia trófica para prosperar.

O Maranhão está entre cinco estados do litoral brasileiro com maior cobertura de apicuns e manguezais; apresentando uma cobertura de 87% dessas duas vegetações; praia, dunas e areal com 97% - que são fitofisionomias típicas de ambientes costeiros - tudo isso dentro de Unidades de Conservação (ver MapBiomias, 2022). O estado também possui áreas úmidas reconhecidas internacionalmente, sendo inclusas tanto na Rede Hemisférica de Reservas de Aves Limícolas, como também na Lista de Zonas Úmidas de Importância Internacional para conservação (Brasil, 1996). Mas essas mesmas áreas, inclusas em medidas protetivas, têm diminuído ao longo dos anos (Rêgo, *et al.* 2018).

A seleção do habitat ou microhabitat têm sido amplamente estudados em diferentes

regiões do mundo, tanto em áreas de reprodução quanto em áreas de invernada (Bryant, 1979; Evans *et al.* 1984; Davis & Smith, 1998; De Leon TM, Smith LM, 1999; Burguer, *et al.* 2007; Fasheng Zou *et al.*, 2008; Cardoso, T. A. L 2011; Nergiz e Durmus, 2017; Putra, C.A., Perwitasari-Farajallah, D. & Mulyani, Y.A., 2017; Anderson, *et al.* 2023). Já no Maranhão, alguns estudos foram conduzidos para compreender os padrões das assembléias, distribuição, identificar os tamanhos populacionais e os declínios das espécies ao longo dos anos.

Esses estudos forneceram importantes informações para o manejo e a conservação das espécies e das áreas, como ameaças e vulnerabilidades (Rodrigues, 2000; Rodrigues e Lopes, 2000; Baker *et al.* 2005; Rodrigues 2007; Rodrigues *et al.* 2010; Carvalho e Rodrigues, 2011; Almeida e Rodrigues, 2015; Silva e Rodrigues, 2015) mas nenhum em relação a influência do hábitat na abundância destas espécies.

Essa lacuna é especialmente preocupante, pois trata-se dos hábitats que espécies em estado crítico de conservação (participantes na lista nacional de espécies ameaçadas do estado - CONSEMA, 2025), utilizam para continuar seu ciclo anual de migração. Além desse fator, algumas dessas espécies estão contempladas no Plano de Ação Nacional (PAN) para conservação de Aves Limícolas, reforçando a urgência e relevância da proposta.

Portanto este capítulo tem a intenção de (1) identificar o padrão de estruturação das aves Charadriiformes nas áreas de estudo (riqueza, abundância); (2) verificar se o hábitat e o tempo (anos amostrados) influenciam na distribuição das aves Charadriiformes entre as áreas; (3) verificar se há diferença na diversidade de espécies entre as áreas e (4) identificar quais os hábitats têm sido preferencialmente utilizados por cada espécie. Pois o que se prevê é que há diferenças na diversidade das assembléias entre as áreas influenciadas pelo tipo de hábitat.

## **1 METODOLOGIA**

### **1.1 Área de estudo**

O clima predominante no Maranhão é o tropical, com dois períodos bem definidos, um chuvoso e outro seco; as temperaturas médias anuais são de 26°C e os índices pluviométricos podem ser superiores a 2.200 mm na região norte, onde fica situada a ilha de São Luís, a qual faz parte de um grande complexo estuarino denominado Golfão Maranhense (Nascimento, F., Braga, C. & Araújo, F. 2017).

Este é caracterizado por uma planície flúvio-marinha formada pelos rios Mearim, Itapecuru e Munim, formado por duas baías. (1) A de São Marcos que é uma vasta zona estuarina que abrange dois tipos contrastantes de costa; ao nordeste, apresenta uma formação de dunas e praias arenosas (norte da ilha de São Luís); a noroeste a costa é recortada pelo mangue; e (2) a baía

de São José onde ocorrem bancos assimétricos separados por canais estreitos. Nestas áreas estão presentes as configurações de cordões arenosos, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de maré enchente e vazante (Muehe, D. 2006).

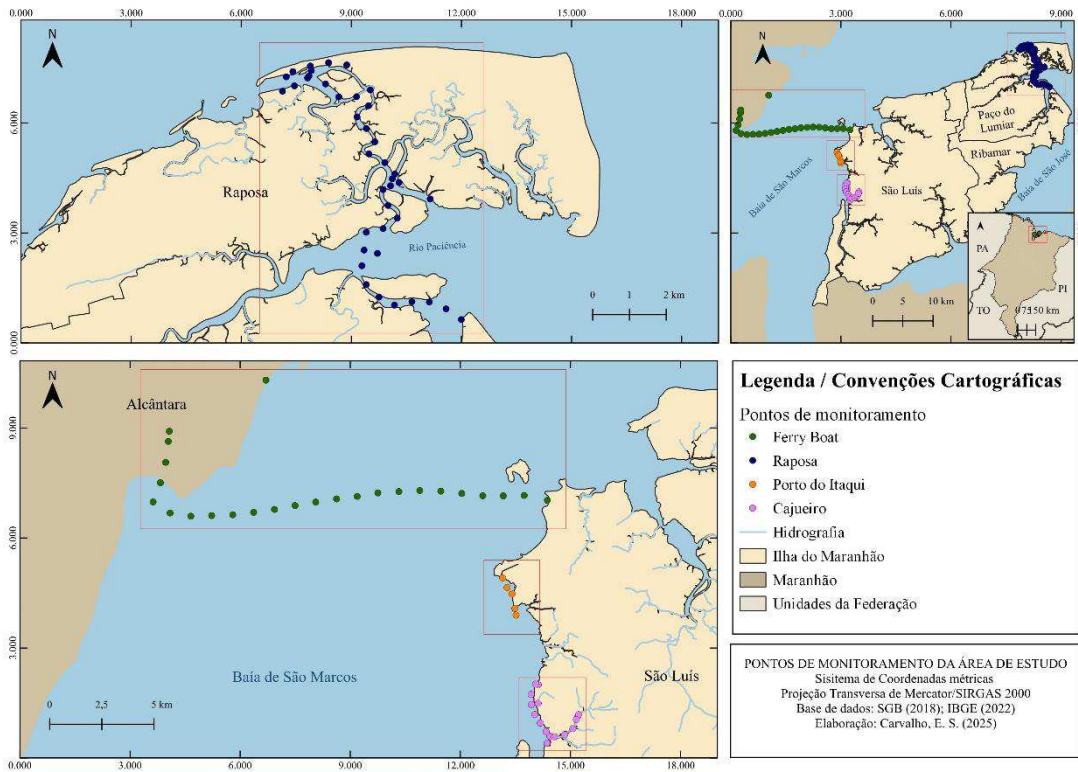
Os censos foram realizados em quatro áreas distintas: a primeira no 1) Complexo portuário Porto do Itaqui; com lamaçais interditaís; e igarapés com floresta de manguezal, entre o berço 99 (02°35'15.60"S e 44°22'03.78"W) e berço 108 (02°34'14.46" S e 44°22'35.98" W), localizada próximo ao distrito industrial na região do Itaqui, a 11 km do centro de São Luís - MA.

O Porto do Itaqui integra o Complexo Portuário de São Luís, com os terminais de Ponta da Madeira, da Vale e Terminal da Alumar. A Empresa Maranhense de Administração Portuária (EMAP) responde também pelo Terminal do Porto Grande, que abranje os Terminais de Ferry Boat, da Ponta da Espera (02°32'06.07"S/ 44°21'23.03"W) e do Cujupe (02°30'11.05"S/ 44°31'10.04"W) sendo esta, a segunda área amostrada

A terceira área foi a Praia do Cajueiro (02°61'58.22"S/ 44°35'79.33"W) com mangues, pequenas salinas e igarapés, adjacente ao Porto do Itaqui e a quarta área 4) saindo do Canal da Raposa (02°24'42.79''S/ 44°05'48.62''W) chegando até a Praia de Panaquatira (02°28'17.96"S/ 44°03'24.18"W), caracterizado por lamaçal interdital com floresta de manguezal, dunas com vegetação de restinga rasteira e arbustiva em zona supralitoral, além de praias (Figura 1); Essas áreas e os pontos de amostragem foram baseados em estudos prévios conduzidos por FMGLC.

Para cada área foram determinados percursos com transectos seccionados em 500m de distância. No Porto do Itaqui foram três; no Cajueiro 13, três realizados andando e 10 realizados de barco; na Raposa 33, sendo quatro realizados andando e 29 realizados de barco e no Ferry foram 44 transectos realizados de barco, totalizando 93 transectos amostrados. O tamanho das áreas onde ocorreram os censos foram respectivamente: Porto do Itaqui com 1,5 km; Cajueiro com 6 km; Raposa com 15,5 km e Ferry 22 km (Figura 3).

Figura 3 - Área de estudo



Fonte: SGB (2018); IBGE (2022). Elaborado por Carvalho, E. S. (2025)

## 1.2 Hábitats

Os tipos de habitats utilizados nesse estudo foram caracterizados de acordo com o tipo de paisagem observada em cada um dos transectos, seguindo uma padronização conforme as características similares evidenciadas em cada transecto (Figuras 2 e 3). Nessa perspectiva, foram identificados sete tipos de habitats distintos: lavado, presente em 13 transectos, Mangue presente em 26, Zona Intertidal Arenosa um, Praia em dois, Praia com Dunas e Lama em dois, Dunas com Lagoa temporária em apenas um e, finalmente, Mar/Rio presente em 44 transectos. Lavado (LAV): é o habitat sujeito a maior frequência de inundação, que possui substrato lodoso exposto durante a maré baixa, desprovido totalmente de cobertura vegetal [46]; Mangue (MAN): é composto por espécies arbóreas típicas halófitas que são tolerantes a grandes quantidades de água e alto teor de salinidade, também micro e macroalgas (criptógamas), além de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), que são caracterizadas por colonizarem sedimentos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio. [47,48,49]; Zona Intertidal (ZIA): é um habitat de transição entre o ambiente marinho e o terrestre, caracterizado por mudanças periódicas diárias entre a maré alta e a maré baixa [50]; Praia (PRA) área coberta e descoberta periodicamente pelas águas, acrescida da faixa subsequente de material detrítico, tal como areias, cascalhos, seixos e pedregulhos até o limite onde se inicie a vegetação natural, ou, em sua ausência, onde comece um outro ecossistema [51];

Praia com Dunas e Lama (PDL): habitat de praia com pequena faixa de lama, seguido de dunas semifixas ou cordões arenosos, os quais são ecossistemas costeiros que se encontram na faixa litorânea [52] e são formadas a partir dos sedimentos depositados pelas marés nas praias, que ao sofrerem ação dos ventos são transportadas para o interior do continente, se acumulando [53]. As dunas semifixas caracterizam-se primordialmente pela sua semi-mobilidade, isso ocorre porque partes de sua estrutura é coberta pela vegetação, dificultando o transporte dos sedimentos ali depositados, demonstrando que há um aporte mais ou menos equilibrado entre a saída e deposição de sedimentos, de forma a haver mobilidade dos sedimentos, mas não mudança espacial da duna [54]; Dunas com Lagoa Temporária (DLT): as lagoas são corpos d'água rasos, de água doce, salobra ou salgada, formadas durante o período chuvoso se acumulando entre as dunas do local e que secam durante o período de estiagem [55, 56]; Mar ou Rio (MR): percursos feitos em água salgada ou água doce/salobra, quando não houve vegetação próxima e foram observadas espécies em deslocamento ou descansando na água (Figura 4 e 5 para tipos de hábitat).

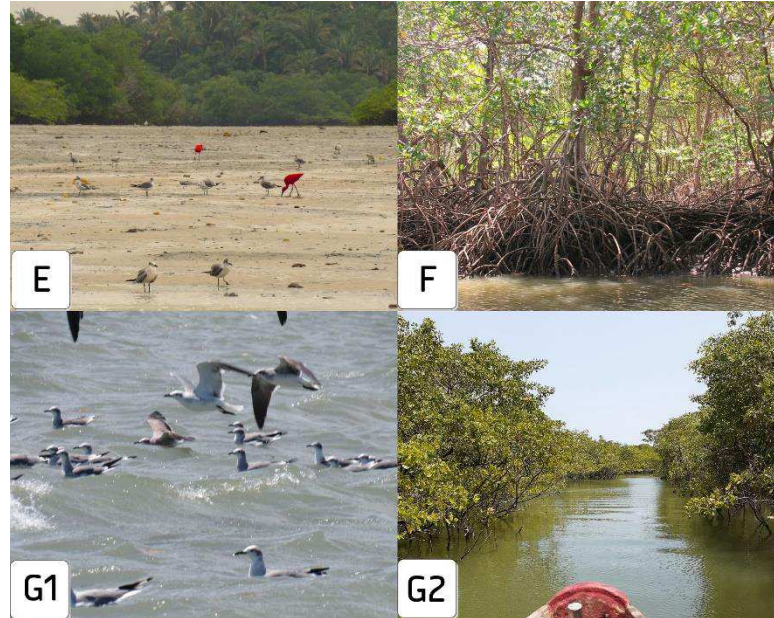
O Porto do Itaqui, ficou com apenas um habitat, o Lavado, pois apresentou uma extensa área coberta de lama que fica exposta na maré baixa, recortada por uma longa extensão de floresta de mangue; o ferry ficou com hábitat de Lavado (LAV) e Mar e Rio (MR); a área do Cajueiro, foi dividida entre Lavado (LAV) com pequenas faixas de areia recortada por apicum, seguido de grande faixa de lama exposta na baixa-mar, além de percursos seguindo a costa de mangue entrando em alguns igarapés cercado de vegetação de mangue; No percurso do Canal da Raposa chegando até a Praia de Panaquatira foi considerado os habitats de Zona Intertidal Arenosa (ZIA), Praia (PRA), Praia com dunas e lama (PDL), Dunas com Lagoa temporária (DLT), Lavado (LAV), Mangue (MAN), Mar e Rio (MR) durante a travessia na baía de São José no Rio Paciência para Panaquatira.

*Figura 4 - Tipos de habitats (1)*



*Figura 4. Tipos de habitats observados nas áreas de amostragem: (A) Zona Intertidal Arenosa; (B) Praia; (C) Praia com Dunas e Lama; (D) Dunas com Lagoa Temporária. Fotos: Bruna Lima, 2025.*

*Figura 5 - Tipos de habitats (2)*



*Figura 5. Tipos de habitats observados nas áreas de amostragem: (E) Lavado; (F) Mangue; (G1) Mar; (G2) Rio. Fotos: Bruna Lima, 2025.*

### 1.3 Coleta de Dados

As coletas tiveram início em março de 2023 e ocorreram mensalmente até o mês de julho de 2025, contabilizando 113 dias de campo, com aproximadamente 16 horas de esforço amostral por semana. As coletas foram realizadas majoritariamente nos mesmos períodos para padronizar ao máximo as condições de maré das observações, garantindo menos variações que pudessem causar viés na amostragem. Para cada mês dos anos de monitoramento, foi separado uma semana para as coletas dos dados. Um dia para cada área e um dia diferente também para os percursos de barco, pois a Raposa e o Cajueiro tiveram percursos andando e de barco, realizados em pontos diferentes, totalizando cinco dias de campo por mês.

Os dados de abundância e riqueza foram coletados nas áreas de amostragem entre os transectos de 500m onde todas as espécies que passaram foram contabilizadas. As contagens foram realizadas com auxílio de um binóculo (10x42mm), uma luneta e/ou câmera fotográfica, utilizando o método de contagem direta e estimativas para grandes bandos [59]. Para auxílio na identificação da avifauna foi utilizado bioacústica, com as vocalizações de cada espécie, o guia de campo digital

Merlim, e enciclopédia online *The Birds of The World* [60]. A nomenclatura científica e a classificação taxonômica das aves seguiram o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos – CBRO [61].

Os dados coletados foram: dia, mês, ano, área de amostragem, unidade amostral sendo os transectos, tipos de habitat (ZIA, PRA, PDL, DLT, LAV, MAN e MR), riqueza e abundância. Essas informações eram coletadas por transecto, cada transecto possuía uma lista das espécies Charadriiformes que poderiam ser observadas nas áreas e a cada contato visual, a lista era preenchida com a espécie e a quantidade de indivíduos observada, além do contato visual a bioacústica também foi utilizada para identificação da presença de algumas espécies. Além disso as espécies foram categorizadas quanto ao status de conservação, quanto ao grau de ameaças de extinção em níveis nacional pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (ONSEMA, 2025) e internacional (IUCN, 2025), além do status de migração segundo Pacheco (2021).

#### **1.4 Análise dos dados**

Para investigar o padrão de diversidade de aves entre as diferentes áreas de estudo, foi realizada uma análise estatística abrangente utilizando modelos lineares generalizados mistos (*Generalized Linear Mixed Models* - GLMMs) com ajuste de distribuição do tipo *Beta* e ajuste zero-inflado. A escolha desta abordagem fundamentou-se na natureza dos dados de diversidade utilizados, que seguem uma distribuição contínua restrita ao intervalo entre 0 e 1 após padronização, característica adequadamente modelada pela distribuição Beta (Ferrari, S. & Cribari-Neto, F., 2004), com a incorporação de componente de inflação de zeros para acomodar a ocorrência de baixos valores de diversidade (Brooks, M. E. *et al.* 2017).

Inicialmente, foi conduzida uma análise exploratória para verificar a presença de inflação de zeros (zero-inflation), identificando uma proporção significativa de valores próximos a zero na distribuição de diversidade. Por isso também justificamos aqui a remoção de uma das áreas utilizadas nas amostragens: a área do Ferry Boat em nossas análises da modelagem. Nessa área, utilizou-se um método de contagem distinto do que seguimos nos anos seguintes, que era o método contínuo e instantâneo, sem os transectos e sem a determinação dos habitats, o que impediu a utilização de parte destes dados para a descrição dos resultados de modelagem. Além disso devido ao tamanho da amostra da área ser muito grande, a quantidade de zeros inseridos causaria problemas ao modelo e o erro embutido na observação como a identificação das aves mais distantes ou recontagem de indivíduos durante o percurso também prejudicaria a confiabilidade dos dados.

Posteriormente a esses ajustes e a retirada da área do Ferry para a produção dos modelos, calculamos o índice de diversidade de Shannon ( $H'$ ) para cada unidade amostral

utilizando a função *diversity* do pacote *vegan* [67]. Para adequar os valores à distribuição *Beta*, os valores de  $H'$  foram transformados para a escala 0-1 mediante a aplicação da fórmula:  $H'\beta = [(H' - H'min)/(H'max - H'min)] \times 0,98 + 0,01$ . Essa transformação linear foi necessária para que os valores permanecessem estritamente dentro do intervalo (0,1), evitando problemas de estimação nos limites da distribuição e acomodando possíveis zeros estruturais, conforme recomendado por Smithson, M., & Verkuilen, J. (2008).

A modelagem estatística foi conduzida através do pacote *glmmTMB* [69], que oferece implementação robusta de GLMMs incluindo estruturas para a inflação de zeros e incorporação de efeito aleatório. Para garantir uma seleção abrangente do modelo mais adequado, realizamos as combinações de três componentes: (1) efeitos fixos - modelos aditivos (Área + Habitat) e de interação (Área  $\times$  Habitat); (2) efeitos aleatórios - combinações de tempo (1|Time) e Unidade Amostral (1|Undamostral\_), respectivamente, para controlar a dependência temporal e espacial entre amostras repetidas; e (3) componente de inflação de zeros - estruturas que variam desde intercepto simples (probabilidade do valor “0” é constante para todas as observações) até modelos complexos incluindo Área e Hábitat (probabilidade do valor “0” varia conforme área e habitat). Esta abordagem sistemática seguiu recomendações recentes para seleção de modelos em ecologia (Grueber, C. E *et al.* 2011) e possibilitou a combinação de um total de 36 modelos.

A seleção do modelo que melhor explicou a variação dos dados baseou-se no Critério de Informação de Akaike (*Akaike Information Criterion* - AIC) e no Critério de Informação Bayesiano (*Bayesian Information Criterion* - BIC), adotando-se a estratégia de multi-inferência quando múltiplos modelos apresentaram  $\Delta AIC < 2$ , indicando substancial apoio empírico (Burnham, K. P., & Anderson, D. R., 2002). A significância estatística da componente de inflação de zeros foi avaliada através de testes de razão de verossimilhança (*Likelihood Ratio Tests* - LRT) entre modelos alinhados com e sem a estrutura de inflação. Já a qualidade do ajuste do modelo final selecionado foi avaliada através de diagnósticos de resíduos utilizando o pacote *DHARMA* (Henrich, M., 2022), que implementa testes de uniformidade, dispersão, outliers e inflação de zeros baseados em simulações dos resíduos dos modelos testados.

Também foram realizadas comparações pareadas entre as áreas de estudo com o objetivo de identificar diferenças significativas na abundância das espécies. Para isso, utilizou-se o procedimento de contrastes múltiplos pós-hoc (teste de Tukey), implementado por meio do pacote R. As estimativas foram apresentadas em escala logit, acompanhadas de erro padrão (SE), razão z, valor de p, além do cálculo de odds ratio e respectivos intervalos de confiança (95%). Esse procedimento permitiu avaliar não apenas a significância estatística das diferenças, mas também a direção e magnitude dos efeitos observados entre pares de áreas.

Todo o procedimento estatístico realizado neste estudo foi conduzido utilizando o

software R (R Core Team, 2016) e subsequentemente revisado utilizando ferramentas de Inteligência Artificial (*DeepSeek AI* e *Claude AI*) para otimização de código, verificação da implementação de modelos mistos e garantia de reprodutibilidade analítica. As ferramentas de IA auxiliaram na validação da estrutura dos modelos GLMM zero-inflados, na verificação dos procedimentos de diagnóstico de resíduos e na otimização das comparações para geração de todos os 36 modelos testados.

## 2 RESULTADOS

### Riqueza por área

Foram observadas 31 espécies da ordem Charadriiformes pertencentes a quatro famílias, sendo cinco espécies da família Charadriidae, duas da família Haematopodidae, 13 da família Scolopacidae e 11 da família Laridae; deste total, 18 foram registradas no Ferry; 19 no Cajueiro; 22 espécies no Porto do Itaqui; e todas as 31 foram registradas na área Raposa, que foi a área que apresentou maior riqueza de espécies dentre as quatro áreas. (Tabela 1).

Quanto as categorias de ameaça o Ministério do Meio Ambiente [73] classificou cinco espécies como vulneráveis (VU) e três como em perigo (EN); as demais espécies não foram avaliadas nacionalmente. Já na avaliação da *International Union for Conservation of Nature* [74] três espécies foram classificadas como vulnerável (VU), 21 espécies foram classificadas como pouco preocupante (LC) e sete foram classificadas como quase ameaçadas (NT).

Já o padrão migratório seguido foi segundo Pacheco et al. 2021 [75]; onde BR, quer dizer residente ou migrante reprodutivo (com evidências de reprodução no país disponíveis); VI - visitante sazonal não reprodutivo, oriundo do sul VI (S), do norte Região Neártica, Caribe ou extremo norte da América do Sul; VI (N), do leste Velho Mundo VI (E); VA - vagante (ocorrência irregular e casual no Brasil), oriundo do sul [VA (S)], do norte VA (N), do leste VA (E) ou sem uma direção de origem definida (VA), apenas vagante. Dessa forma foram contabilizadas 10 espécies BR: residente ou migrante reprodutivo (com evidências de reprodução no país disponíveis); 16 espécies VI (N); Uma sendo VI(N,E); Uma espécie BR,VI (N) e duas espécies BR, VI (N,S) como pode ser observado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Riqueza de aves Charadriiformes na zona costeira de São Luís**

Taxon	Nome Popular	Áreas Porto/ Ferry/ Cajueiro/ Raposa	IUCN 2025	CONSEMA 2025	Padrão migratório Pacheco, et al 2021)
<b>ORDEM</b>					

<b>CHARADRIIFORMES</b>					
<b>CHARADRII</b>					
<b>FAMÍLIA CHARADRIIDAE</b>					
<i>Pluvialis squatarola</i>	Batuiruçu-de-axila-preta	P/F/C/R	VU	CR	VI (N)
<i>Vanellus chilensis</i>	Quero-quero	P/F/R	LC		BR
<i>Charadrius semipalmatus</i>	Batuíra-de-bando	P/F/C/R	LC		VI (N)
<i>Charadrius wilsonia</i>	Batuíra-bicuda	R	LC	VU	BR
<i>Charadrius collaris</i>	Batuíra-de-coleira	P/F/C/R	LC		BR
<b>FAMÍLIA HAEMATOPODIDAE</b>					
<i>Haematopus palliatus</i>	Piru-piru	R	LC		BR
<i>Himantopus mexicanus</i>	Pernilongo-de-costas-negras	R	LC		BR
<b>SCOLOPACI</b>					
<b>FAMÍLIA SCOLOPACIDAE</b>					
<i>Numenius hudsonicus</i>	Maçarico-de-bico-torto	P/F/C/R	LC	CR	VI (N)
<i>Arenaria interpres</i>	Vira-pedras	P/F/C/R	NT	CR	VI (N)
<i>Calidris canutus</i>	Maçarico-do-peito-vermelho	P/C/R	NT	CR	VI (N)
<i>Calidris himantopus</i>	Maçarico-pernilongo	R	NT		VI (N)
<i>Calidris alba</i>	Maçarico branco	P/R	LC		VI (N)
<i>Calidris minutilla</i>	Maçariquinho	R	NT		VI (N)
<i>Calidris pusilla</i>	Maçarico rasteirinho	P/F/C/R	NT	CR	VI (N)
<i>Limnodromus griseus</i>	Maçarico-de-costas-brancas	P/F/C/R	VU	CR	VI (N)
<i>Actitis macularius</i>	Maçarico-pintado	P/F/C/R	LC		VI (N)
<i>Tringa melanoleuca</i>	Maçarico-grande-de-perna-amarela	P/C/R	NT		VI (N)
<i>Tringa semipalmata</i>	Maçarico-de-asa-branca	P/C/R	LC	EN	VI (N)
<i>Tringa flavipes</i>	Maçarico-de-perna-amarela	P/C/R	VU		VI (N)
<i>Jacana jacana</i>	Jaçanã	R	LC		BR
<b>LARI</b>					
<b>FAMÍLIA LARIDAE</b>					
<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaivota-de-cabeça-cinza	P/F/C/R	LC		BR
<i>Leucophaeus atricilla</i>	Gaivota-alegre	P/F/C/R	LC		VI (N)
<i>Rynchops niger</i>	Talha-mar	P/F/C/R	LC		BR
<i>Sternula antillarum</i>	Trinta-réis-miúdo	P/F/C/R	LC	VU	BR, VI (N)
<i>Sternula superciliaris</i>	Trinta-réis-pequeno	P/F/C/R	LC		BR
<i>Phaetusa simplex</i>	Trinta-réis-grande	P/F/C/R	LC		BR
<i>Gelochelidon nilotica</i>	Trinta-réis-de-bico-preto	P/F/C/R	LC		VI (N)
<i>Sterna hirundo</i>	Trinta-réis-boreal	F/R	LC		VI (N,E)

<i>Sterna dougallii</i>	Trinta-réis-róseo	R	LC		VI (N), VA (E)
<i>Thalasseus acuflavidus</i>	Trinta-reis-de-bando	R	NT	EN	BR, VI (S,N)
<i>Thalasseus maximus</i>	Trinta-réis-real	P/F/R	LC	VU	BR, VI (S,N)
<b>Total de espécies: 31</b>					

**Tabela 1** - Riqueza de aves Charadriiformes na zona costeira de São Luís. **Nota:** **P** – Porto do Itaqui; **F** – Ferry; **C** – Cajueiro; **R** – Raposa; **BR**- residente ou migrante reprodutivo (com evidências de reprodução no país disponíveis); **VI** - visitante sazonal não reprodutivo, oriundo do sul **VI (S)**, do norte Região Neártica, Caribe ou extremo norte da América do Sul; **VI (N)**, do leste Velho Mundo **VI (E)**; **VA** - vagante (ocorrência irregular e casual no Brasil), oriundo do sul [VA (S)], do norte **VA (N)**, do leste **VA (E)** ou sem uma direção de origem definida (**VA**) vagante (Pacheco et.al 2021). **Fonte:** Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP nº 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

### Abundância por área

Para cada área foram contabilizadas as abundâncias totais mensais de aves Charadriiformes. Os meses de 2023 que apresentaram maior abundância na área do Porto do Itaqui foram março com 4.426 indivíduos e dezembro (5.020); Já os meses com menor abundância foram julho (6) e agosto (25); Para o ano de 2024 os meses com maior abundância foram: janeiro (1475) e novembro (8908); já os meses com menor abundância foram junho com nenhuma espécie avistada e julho com apenas 12; Em 2025 o mês de janeiro teve 289 indivíduos e fevereiro 196; (Apêndice I, Figura 6).

Para o Cajueiro os meses com maior abundância em 2024 foram: Janeiro (2.874), Fevereiro (2.663) e novembro (2.239); Já os meses com menores abundâncias foram: Julho (20) e agosto (95); Em 2025 os meses mais abundantes foram: janeiro (8.198) e março (8.114) e os meses de menor abundância foram: abril (59) e junho (135); (Apêndice I, Figura 7).

Na Raposa os meses com maior abundância em 2024 foram: junho (5.156), outubro (12.221) e dezembro (7.870). Já os meses com menores abundância foram: abril (1.570) e maio (1.656). Em 2025 o mês com maior abundância foi janeiro (4.814) e com menor abundância março (1.460); (Apêndice I, Figura 8).

No Ferry os meses que com maior abundancia em 2024 foram novembro com 426 indivíduos, e dezembro com 608; os meses com menores abundancias foram agosto (66) e outubro (55); As maiores abundâncias de 2025 foram em janeiro (902) e fevereiro (535), os dois únicos meses de censos realizados neste ano no ferry (Apêndice I, Figura 9).

De acordo com as abundâncias máximas, as espécies que foram mais abundantes no Porto foram: *Charadrius semipalmatus* (2.000) e *Calidris pusilla* (1.984); e as menos abundantes foram: *Tringa flavipes* (2) e *Thalasseus maximus* (2) (Apêndice II, Figura 10); Para o Ferry Boat as espécies mais abundantes foram *C. pusilla* (400) e *C. semipalmatus* (250); já as com menor abundância foram *L. griseus* (1), *P. squatarola* (1) e *R. niger* (1) (Apêndice II, Figura 11); para o Cajueiro as espécies mais abundantes também foram *Charadrius semipalmatus* (877) e *Calidris*

*pusilla* (8.061), já as menos abundâtes foram: *Calidis canutus* (2) e *Sternula antillarum* (2) (Apêndice II, Figura 12); Para Raposa as mais abundâtes foram: *Phaetusa simplex* (1.920) e *Leucophaeus atricilla* (1.734), já as menos abundâtes foram: *Calidris minutilla* (2) e *Vanellus chilensis* (3) (Apêndice II, Figura 13).

### Modelos GLMM

Foram gerados um total de 36 modelos GLMM, apenas um único modelo que considera interação entre a área e o hábitat com fator tempo incluindo zero-inflado (ZI\_Area x Habitat\_1Time\_1Undamostral\_ZI1) foi considerado o mais competente para explicar a diversidade de aves do grupo Charadriiformes. Este modelo sozinho apresentou o melhor ajuste, com o valor de AIC = 918.509. Todos os demais modelos alternativos avaliados apresentaram valores de Delta AIC substancialmente superiores a 2 ( $\Delta AIC > 2$ ) em relação ao modelo de melhor ajuste. De acordo com o critério estabelecido por Burnham & Anderson (2002), tais modelos não possuem suporte substancial dos dados e portanto, não foram considerados competitivos conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 Modelos GLMM

#	Modelo	AIC	BIC	LogLik	DF	$\Delta$ AIC	Peso AIC	Zero inflado
1	ZI_Area x Habitat_1Time_1Undamostral_ZI1	-918.509	-8.562	473.255	14	0	749.096	Intercepto
2	ZI_Area_Habitat_1Time_1Undamostral_ZI1	-9.150	-8.571	4.705	13	3.501	130.131	Intercepto
3	ZI_Area x Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea	-9.145	-8.433	473.255	16	3.999	101.379	Área
4	ZI_Area_Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea	-9.110	-8.442	4.705	15	7.501	17.611	Área
5	ZI_Area x Habitat_1Time_ZI1	-9.055	-8.476	4.657	13	1.302	1.113	Intercepto
6	ZI_Area x Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea_Habitat	-902.509	-8.045	473.255	22	16	251.294	Aditivo
7	ZI_Area x Habitat_1Time_ZIArea	-9.015	-8.347	4.657	15	1.702	150.652	Área
8	ZI_Area_Habitat_1Time_ZI1	-9.007	-8.472	4.623	12	1.783	100.649	Intercepto
9	ZI_Area x Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea x Habitat	-900.509	-7.981	473.255	23	18	0	Outro
10	ZI_Area_Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea_Habitat	-8.990	-8.055	4.705	21	1.950	0	Aditivo
11	ZI_Area_Habitat_1Time_1Undamostral_ZIArea x	-8.970	-7.990	470.504	22	2.150	0	Outro

Habitat								
12	ZI_Area_Habitat_1Time_ZIArea	-8.967	-8.343	4.623	14	218.300	0	Área
13	ZI_Area x Habitat_1Time_ZIArea_Habitat	-8.895	-7.960	4.657	21	2.902	0	Aditivo
14	ZI_Area x Habitat_1Time_ZIArea x Habitat	-8.875	-7.895	4.657	22	3.102	0	Outro
15	ZI_Area_Habitat_1Time_ZIArea_Habitat	-8.847	-7.956	4.623	20	3.383	0	Aditivo
16	ZI_Area_Habitat_1Time_ZIArea x Habitat	-8.827	-7.892	4.623	21	3.583	0	Outro
17	ZI_Area x Habitat_1Undamostral_ZI1	-8.609	-8.030	4.434	13	5.765	0	Intercepto
18	ZI_Area_1Time_1Undamostral_ZI1	-8.576	-8.265	4.358	7	6.088	0	Intercepto
19	ZI_Area x Habitat_1Undamostral_ZIArea	-8.569	-7.901	4.434	15	6.165	0	Área
20	ZI_Area_Habitat_1Undamostral_ZI1	-8.562	-8.028	4.401	12	623.072	0	Intercepto
21	ZI_Area_1Time_1Undamostral_ZIArea	-8.536	-8.135	4.358	9	6.488	0	Área
22	ZI_Area_Habitat_1Undamostral_ZIArea	-8.522	-7.899	4.401	14	6.631	0	Área
23	ZI_Area x Habitat_1Undamostral_ZIArea_Habitat	-8.449	-7.513	4.434	21	7.365	0	Aditivo
24	ZI_Area x Habitat_1Undamostral_ZIArea x Habitat	-8.429	-7.449	4.434	22	756.484	0	Outro
25	ZI_Area_1Time_1Undamostral_ZIArea_Habitat	-8.416	-7.748	4.358	15	7.688	0	Aditivo
26	ZI_Area_Habitat_1Undamostral_ZIArea_Habitat	-8.402	-7.511	4.401	20	7.831	0	Aditivo
27	ZI_Area_1Time_1Undamostral_ZIArea x Habitat	-8.396	-7.684	4.358	16	7.888	0	Outro
28	ZI_Area_Habitat_1Undamostral_ZIArea x Habitat	-8.382	-7.447	4.401	21	8.031	0	Outro
29	ZI_Area_1Undamostral_ZI1	-8.031	-7.763	4.075	6	1.154	0	Intercepto
30	ZI_Area_1Undamostral_ZIArea	-7.991	-7.634	4.075	8	1.194	0	Área
31	ZI_Area_1Time_ZI1	-7.965	-7.698	4.043	6	1.220	0	Intercepto
32	ZI_Area_1Time_ZIArea	-7.925	-7.569	4.043	8	1.260	0	Área

33	ZI_Area_1Unda- mostral_ZIA- rea_Habitat	-7.871	-7.247	4.075	14	1.314	0	Aditivo
34	ZI_Area_1Unda- mostral_ZIArea x Habitat	-7.851	-7.183	4.075	15	1.334	0	Outro
35	ZI_Area_1Time_ZI- Area_Habitat	-7.805	-7.182	4.043	14	1.380	0	Aditivo
36	ZI_Area_1Time_ZI- Area x Habitat	-7.785	-7.117	4.043	15	1.400	0	Outro

Fonte: Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

### Índice de diversidade de Shannon por área

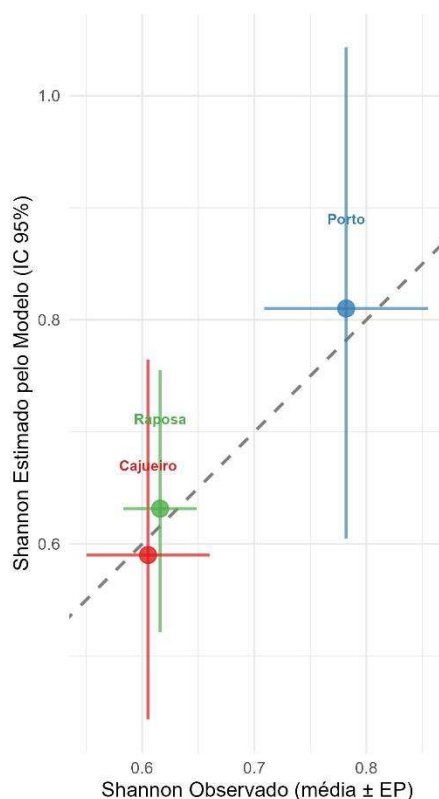
A tabela 3 apresenta os valores do Índice de Diversidade de Shannon entre as áreas investigadas em nosso estudo a partir dos valores observados em campo e os valores estimados pelo melhor modelo gerado. O resultado aponta que a área do Porto do Itaqui, apresentou o maior valor de diversidade observado de  $H' = 0,78$  (IC 95%: 0,94-0,61) mesmo com um número de amostras menor ( $N = 3$ ). A Raposa, apresentou uma diversidade intermediária com valor observado de  $H' = 0,61$  (IC: 0,64 - 0,45) e o Cajueiro apresentou o menor valor de diversidade  $H' = 0,60$  (IC 95%: 0,64 - 0,39). Esses valores encontrados a partir das estimativas das abundâncias e riquezas de espécie observadas em campo estão dentro dos valores estimados a partir dos modelos gerados, o que de certa forma valida a modelagem aplicada em nosso estudo (Figura 14).

Tabela 3 Índice de Shannon

Área	Shannon estimado	Shannon observado	IC inferior	IC superior	N° amostras
Porto	0.774417	0.781964	0.618095	0.948356	66
Raposa	0.544968	0.615951	0.457176	0.643344	467
Cajueiro	0.510043	0.605209	0.395502	0.645534	102

Fonte: Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 14 Gráfico da diversidade de Shannon estimada VS a observada com Modelo Zero-Inflado



Também foram realizadas comparações pareadas entre as áreas de Cajueiro, Porto e Raposa com base nos valores do índice de diversidade de Shannon observados em campo. A comparação entre Cajueiro e Porto apresentou diferença significativa ( $p=0,0136$ ), indicando que a diversidade no cajueiro foi significativamente menor em relação ao Porto. A comparação entre Porto e Raposa também mostrou diferença significativa ( $p=0,0128$ ). Já as áreas Cajueiro e Raposa não apresentaram diferença estatística significativa ( $p=0,7991$ ). Diante disso, os resultados demonstram que o Porto se destaca com maior equitabilidade entre abundância e diversidade se comparado as demais áreas que não diferem entre si. (Tabela 4).

*Tabela 4 Comparações pareadas entre áreas*

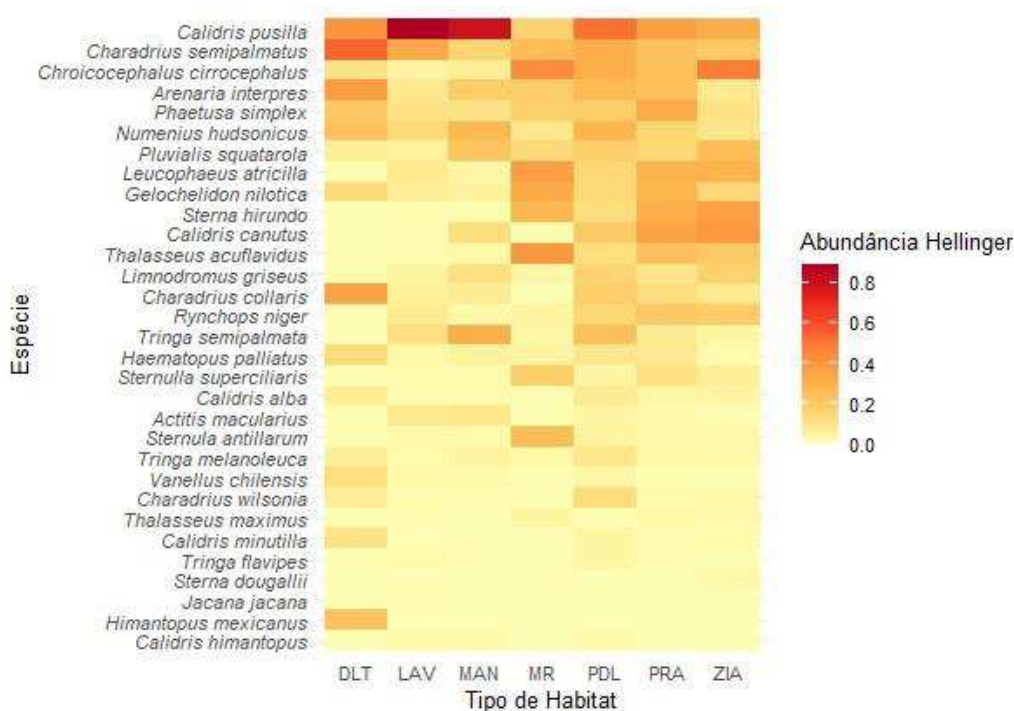
Áreas	Estimado	Erro padrão (SE)	z ratio	p	Odds ratio	IC inferior	IC superior	Sig-nif.	Direção
Cajueiro/Porto	-0.5498	0.1954	-2.8121	0.0136	0.5770	0.3933	0.8465	*	-
Cajueiro/Raposa	-0.0816	0.1279	-0.6378	0.7991	0.9216	0.7171	1.1843	-	-
Porto/Raposa	0.4682	0.1653	2.8321	0.0128	1.5972	1.1551	2.2085	*	+

Fonte: Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP nº 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

## Distribuição das espécies por hábitat

Para demonstrar a distribuição/composição das espécies por habitat, também foi realizado um gráfico de áreas quentes (*heatmap*) com as abundâncias máximas de cada espécie por habitat (Figura 13), obtidos através de padronização das abundâncias utilizando uma transformação do tipo *Hellinger*. De acordo com o gráfico das abundâncias máximas, *C. Pusilla* é a espécie mais abundante em três das quatro áreas e foi principalmente observada em habitat de Lavado (LAV) e mangue (MAN); Já *Charadrius semipalmatus* e *A.interpres* estiveram principalmente no habitat de Dunas com Lagoa Temporária (DLT). A espécie *Chroicocephalus cirrocephalus* esteve principalmente nos habitats de Mar e Rio (MR) e Zona intertidal arenosa; *P. simplex* esteve mais presente em habitat de Praia (PRA); *Leucophaeus atricilla*, *Geochelidon nilotica*, *Sterna hirundo*, *Sternula superciliaris*, *S. antillarum* e *Thalasseus acuflavidus* foram mais abundantes em habitats de Mar e Rio (MR); As demais espécies foram menos abundantes e apresentaram uma maior homogeneidade entre os habitats.

Figura 15 - Espécies por habitat



Fonte: Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

### 3 DISCUSSÃO

A riqueza de espécies Charadriiformes observada neste estudo é superior a observada em outros trabalhos realizados no estado do Maranhão (Rodrigues, A. A. 2000; de Carvalho, D. L., & Rodrigues, A. A. F., 2011; Almeida, B., & Rodrigues, A. A. F., 2015). Isso ocorre pois o foco desses clássicos trabalhos serem voltados apenas ao levantamento de espécies limícolas migratórias das famílias Charadriidae e Scolopacidae.

O estudo de Rodrigues (2007), apresentou 17 espécies para o litoral maranhense incluindo todas as famílias da ordem Charadriiformes, mas diferente deste, nele também foram consideradas aves aquáticas ou dependentes de áreas úmidas de outras ordens.

No presente trabalho todas as aves da ordem Charadriiformes foram inclusas (limícolas, marinhas, migratórias e residentes) como uma forma de sanar esta lacuna de dados observada, além de registrar a dinâmica temporal das demais espécies presentes e demonstrar a importância desses habitats para todas as espécies do grupo, não só das limícolas.

Em comparação a outros estudos do litoral brasileiro que são considerados pontos de parada/invernada importante para esse grupo, observou-se também uma variação na riqueza, no complexo estuarino no estado da Paraíba 13 limícolas foram registradas, porém algumas espécies diferentes das observadas neste estudo como é o caso do *Galinago Paraguaiae* (Araújo, H. D., Rodrigues, R. C., & Nishida, A. K., 2006) que não foi observado durante os censos, nem possui registro para o litoral de São Luís, sendo mais comum em habitats de savana gramínea e úmida e no pantanal (Van Gils, J., P *et al.* 2021).

Além desta espécie, na cidade de Aracaju no estado do Sergipe, em um complexo estuarino foram registradas 19 espécies de aves limícolas, quase a mesma quantidade observada no litoral ludovicense, mas também com 2 espécies que não ocorreram aqui *Limosa haemastica*, *Numenius phaeopus* (Barbieri, E. 2007), provavelmente esta diferença se da pela rota utilizada por algumas espécies, pois São Luís está no desvio variação Nordeste feito na rota do Atlântico, como explicado por Antas (1983), onde nem todas as espécies utilizam este corredor, seguindo direto para o Pantanal. Apenas o *N. phaeophus*, que pode ter sido um erro de identificação (devido alta a abundância) muito cometido também em trabalhos no maranhão (Rodrigues, A. A. F., 2007; Almeida, B., & Rodrigues, A. A. F., 2015); Aguiar, L. S., 2017), já que sua rota migratória não é pela América, mas sim pela África, Ásia e Austrália (Smith, M. G., M. A. Skeel, E. P. Mallory, & P. Pyle, 2025).

Ja é bem conhecido em estudos anteriores que as espécies de aves Charadriiformes utilizam a área costeira do estado do Maranhão como um importante ponto de parada/ invernada durante o período de migração, em áreas como Panaquatira, Alcantara, Cururupu, Raposa, Cajual, Praia de Cumã ( Morrison, R. G., & Ross, R. K., (1989); Rodrigues, A. A. F., & Lopes, A. T. Y., 2000; Baker, A. J, *et al.* 2005; Rodrigues, A., & Pinheiro Soares, R., 2013; Lima, L, 2013; Silva, L. D. M. R., & Rodrigues, A. A. F.,2015; Almeida, B., & Rodrigues, A. A. F.,2015).

A análise dos resultados revelou que os picos de abundâncias das aves entre as quatro áreas neste estudo durante os anos de 2023, 2024 e 2025 quase não variaram nos períodos de chegada e partida, se comparados aos estudos anteriores, como por exemplo na Praia de Panaquatira (Almeida, B., & Rodrigues, A. A. F., 2015; e na Ilha dos Caranguejos (de Carvalho, D. L., &

Rodrigues, A. A. F., 2011) e foram semelhantes a picos observados entre os meses de setembro a fevereiro no litoral de Atalaia em Sergipe (Melo de Almeida, B. J., & Ferrari, S. F., 2010).

As pequenas variações que podem existir de um ano para outro, podem ser explicadas por diversos fatores como: a força do vento, as diferentes rotas migratórias que cada espécie utiliza, a estratégia energética durante a migração, já que ao longo destas rotas elas param para repor gordura. O tempo de pausa entre as paradas também pode variar pela qualidade do habitat onde essas aves passam, devido a quantidade de presas disponíveis para alimentação; além disso a vulnerabilidade das espécies frente às mudanças antropogênicas realizadas nos habitats também podem afetar a sua permanência em um determinado local (Pienkowski, M. W., 1979; Telino-Júnior, W. R., Azevedo-Júnior, S. M. D., & Lyra-Neves, R. M. D. 2003; Barbieri, E. 2007; Kober, K., & Bairlein, F. 2009; Clements, S. J., 2025)

O declínio das abundâncias observadas entre abril a agosto, com algumas variações entre as áreas reforça essa dinâmica migratória, do retorno das espécies aos sítios reprodutivos para o recrutamento e reprodução em consonância com outros estudos conduzidos no Maranhão como os citados anteriormente e também em outras regiões costeiras do Brasil (Antas, P.T.Z. 1983;1987; Fedrizzi, C.E., 2008; Barbieri, E., & Hvenegaard, G. T., 2008; Paludo, D., 2022)

Essas aves saem das áreas reprodutivas devido as baixas temperaturas no hemisfério Norte no ártico, onde há uma redução significativa dos recursos alimentares e vêm para o hemisfério Sul se espalhando por todo o litoral da América do Sul utilizando rotas intercontinentais, onde as temperaturas são mais amenas e os recursos alimentares estão disponíveis em maior quantidade [Antas, P.T.Z. 1983; Sick, 1984; Colwell, M.A., 2010; Gratto-Trevor, C, 2012; Silva, L. D. M. R., & Rodrigues, A. A. F., 2015; Costa, C. M. C., 2017.

Como pôde ser observado neste estudo, o modelo que considerou os fatores área, habitat e tempo foi o que melhor explicou a diversidade das aves estudadas, sendo mais eficaz do que o tamanho dos transectos em si (ou tamanho da área amostrada). Este resultado indica que outros fatores como a própria ecologia das espécies de ser gregária, a qualidade, heterogeneidade e o gradiente dos habitats que elas ocupam, suas especialidades alimentares e a distribuição de presas podem explicar melhor sua diversidade, como observado em outros estudos de modelagem (Dein, J., & Tran, L., 2024; VanDusen, B. M., Fegley, S. R., & Peterson, C. H., 2012; Nord, M., & Forslund, P. 2015).

O Índice de diversidade de Shannon mostrou que a área do Porto do Itaqui apresentou a maior equitabilidade entre as áreas, apesar deste valor ainda ser baixo; seguida do Cajueiro, com a dominância principal de apenas uma espécie, *C. pusilla*. O número de *C. pusilla* no Porto do Itaqui e Cajueiro coincidiram com os dados de presença nos habitats de mangues e lavado que compõem essas duas áreas, cercadas por uma extensa área de manguezal com substrato lamoso

ideal para alimentação, onde a estrutura portuária é utilizada pelas aves como ponto de descanso e refúgio enquanto aguardam a maré-baixa; quando as espécies têm acesso à lama exposta para se alimentarem.

A abundância dessas espécies nestes locais, pode indicar uma seletividade por substratos específicos, como observado por Costa (2017) em solos lamosos na região da Raposa; a lama exposta, oferece recursos alimentares abundantes da epifauna e infauna, cenário que é corroborado por outros estudos na região portuária que evidenciam essa riqueza, principalmente da classe polychaeta que é um dos itens alimentares da espécie *C.pusilla* (Nascimento, W. B. Alexssander. 2017; Teixeira-Silva, W. B., 2017; Costa, C. M. C., 2017).

Estratégia que não é igualmente interessante para as aves marinhas, desde que seus números nestas áreas mais próximas ao Porto do Itaqui, como Cajueiro e Ferry foram baixos; a movimentação de navios de carga entre os berços, a turbidez da água e a perturbação sonora que a área portuária produz podem influenciar diretamente a dispersão dos organismos marinhos que servem de alimento para as aves da família Laridae e dificultar a observação durante o forrageio.

A área da Raposa teve um Índice de diversidade intermediário se comparada as demais áreas, inclusive menor que a do Porto, apesar de ter apresentado maior riqueza absoluta e com abundâncias mais constantes durante os meses da pesquisa mesmo durante o período reprodutivo, em que a maioria das espécies retorna ao hemisfério Norte. Os altos números de *P. Simplex*, *L. Atricilla*, *C. pusilla* e *S. hirundo* com certeza contribuíram para este resultado demonstrando a dominância destas espécies nesta localidade e contrastando com a baixa abundância de espécies como *C.minutilla*, *T. melanoleuca*, *S. dougallii*, pois o índice de diversidade leva em consideração a riqueza de espécies e a forma como elas estão distribuídas.

A Raposa também apresentou uma heterogeneidade de habitats como praia, zona intertidal arenosa, um complexo estuarino, onde espécies marinhas e limícolas são comumente observadas (Bellefontaine, S. C., & Hamilton, D. J. 2023). Seus habitats de pesca como de outras aves marinhas, que dependem da baixa turbidez da água e de locais mais rasos para capturar peixes pequenos próximos à superfície (Burger, J., 2020; Trevail, A. M., 2024) podem contribuir com sua presença nesta localidade, além de ser uma área com um nível de antropização diferente se comparado com o Porto do Itaqui.

Além disso, foi a área com mais diferentes tipos de habitat, como praia, praia com lama, dunas, mangues e isso a permite comportar uma grande riqueza de macroinvertebrados e de recursos pesqueiros no local (Taft, O. W., & Haig, S. M., 2006; Nunes, J.L; Medonça, M.A 2013; Azevedo, B.R. M., 2018) diferentes espécies, com diferentes adaptações e necessidades alimentares, prezam por locais com maior heterogenidade para economizar energia no deslocamento entre áreas de alimentação e áreas de descanso, que possibilita o suporte alimentar aos grandes bandos mistos

encontrados nessa área durante os censos no período da invernada e daqueles que permanecem durante o período reprodutivo.

E a segunda é que esses bandos que ficam podem estar com indivíduos que não conseguiram gordura suficiente para essa migração; ou indivíduos juvenis que ainda não amadureceram suficiente para o recrutamento e nem passaram por toda a mudança para plumagem de adulto (Chu, P. C., 1994), como foi possível observar em alguns censos na praia de Panaquatira e Raposa, juvenis de *P. simplex*, de *L. atricilla* e de *G. nilotica*.

O município de Raposa e até mesmo a área da praia de Panaquatira no município de São José de Ribamar fazem parte da Área de Proteção Ambiental de Upaon-Açú/ Miritiba/ Alto Preguiças criada pelo Decreto nº 12.428 (Brasil, 1992), que tem como objetivo disciplinar o uso e a ocupação do solo, a exploração dos recursos naturais, as atividades de caça e pesca, a proteção à fauna e à flora, a manutenção das biocenoses dos ecossistemas e o padrão de qualidade das águas; que no entanto, não possui sequer um plano gestor.

Durante os censos deste projeto foi observado um comportamento bastante territorial entre o transecto um e dois na Raposa em julho de 2025, no mesmo local onde já foi reportado anteriormente por Rodrigues, *et. al.* (2010) ninhos de *S. antillarum* durante o mesmo mês, a espécie estava com a plumagem reprodutiva e ao perceber aproximação humana tentava afugentar voando para cima dos invasores e vocalizando alerta; uma busca rápida foi realizada no momento que este comportamento foi observado, no entanto não foram encontrados ninhos.

Além disso foi registrado em dados de plataformas colaborativas a reprodução de *C. wilsonia* e também durante os censos deste trabalho, foram registrados filhotes no mês de julho no transecto três e quatro feito na Raposa (Gonsioroski, G.H., 2011); isso é um indicativo de que apesar das mudanças nesta área e de toda perturbação antrópica observada, estas espécies ainda resistem e precisam do auxílio de políticas de proteção, manejo sustentável e controle do turismo no local, já que as duas estão classificadas como vulneráveis (Consema, 2025).

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados observados respondem a hipótese (1) deste capítulo, demonstrando que o tipo de hábitat e a variação do tempo (anos amostrados) influenciam na abundância das espécies Charadriiformes entre as áreas; demonstra a importância da região como área de repouso e alimentação durante trajetos migratórios, ainda que algumas espécies utilizem os ambientes de forma esporádica ou sazonal. O que reforça a relevância ecológica da Ilha de São Luís como um mosaico de habitats costeiros utilizados por espécies de aves limícolas e marinhas, residentes e migratórias, crucial para garantir a manutenção energética nas rotas migratórias e a conservação

dessas populações.

Além disso contribuiu com ação de monitoramento para o Plano de Ação Nacional (PAN) de conservação das aves migratórias, fornecendo dados atuais sobre as populações limícolas dependentes de áreas úmidas no litoral equatorial, principalmente para aquelas espécies que estão em declínio populacional, como é o caso do *Calidris pusilla* que apresentaram grandes números nas áreas estudadas e as vulneráveis como *Sternula antillarum* e *Charadrius wilsonia* que tem se reproduzido na Raposa.

Já para futuros trabalhos, recomenda-se a continuidade dos monitoramentos, bem como a realização de estudos complementares para identificar se a abundância das aves varia de acordo com variáveis climáticas (como velocidade do vento, direção do vento, temperatura e precipitação), como a proximidade de atividades antrópicas, turísticas, industriais e presença de animais domésticos nos locais de descanso e alimentação das aves influencia sua abundância; estudos com captura de indivíduos para avaliação da massa corpórea, do estágio de desenvolvimento das plumagens, presença de metais pesados e conteúdo estomacal logo após a chegada da migração para analisar a saúde dos indivíduos migrantes e a qualidade da alimentação nos pontos de parada; inserção de geolocalizadores pode contribuir para investigações sobre a taxa de sobrevivência de aves fiéis às áreas de invernada e suas táticas de migração; estudos a fim de compreender as estratégias de forrageamento entre os diferentes habitats, a fim de aprimorar a compreensão da ecologia dessas aves nos sítios de invernada maranhenses.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Estadual do Maranhão, a FAPEMA em parceria com a EMAP pelo Edital do Porto do Futuro FAPEMA/EMAP nº 12/2022 e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação por proporcionarem a estrutura e o aporte financeiro necessários para o desenvolvimento desta pesquisa, a minha orientadora e coorientador, que foram essenciais para o desenvolvimento de cada etapa deste manuscrito. Agradeço também aos colegas do laboratório que contribuíram com apoio técnico, discussões e colaboração nos campos e também ao nosso barqueiro Wedson durante as coletas de dados.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. S. 2017. **Abundância sazonal de aves limícolas migratórias na praia de ponta seca, Praia de cumã, Maranhão, Brasil.** Trabalho de conclusão de curso. Ciências biológicas. Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Brasil.
- ALMEIDA, B., & RODRIGUES, A. A. F. (2015). **Abundância sazonal de aves limícolas em área costeira amazônica, praia de Panaquatira, golfão maranhense, Brasil.** *Ornithologia*, 8(1), 38-42.
- ANTAS, P.T.Z. 1987. **Migração de aves no Brasil.** In: **Encontro Nacional de Anilhadores de Aves**, 2º, 1986, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro, Editora da Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 153-187.
- ARAÚJO, H. D., RODRIGUES, R. C., & NISHIDA, A. K. (2006). **Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil.** *Revista Brasileira de Ornitologia*, 14(3), 249-259.
- AUGUSTO, A., RODRIGUES, F., LÍLIA; BEZERRA, R. P., SOUSA PEREIRA, A., LISBOA DE CARVALHO, D., TEREZA, A., & LOPES, L. (2010). **Reprodução de *Sternula antillarum* (Charadriiformes: Sternidae) na costa amazônica do Brasil.** *Revista brasileira de ornitologia*. 18(3):216-221.
- AZEVEDO, B.R. M. **Composição da fauna acompanhante na pesca do camarão e biologia reprodutiva de *Trichiurus lepturus* (Trichiuridae, teleostei) em Raposa, Maranhão, Brasil /** Bruna Rafaela Martins Azevedo. – São Luís, 2018.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. D., LARRAZÁBAL, M. D., & PENA, O. (2004). **Aves aquáticas de ambientes antrópicos (salinas) do Rio Grande do Norte, Brasil.** Aves marinhas e insulares brasileiras: bioecologia e conservação. Itajaí: Conservação Internacional, 255-266.
- BAKER, A. J., GONZÁLEZ, P. M., SERRANO, I. L., JÚNIOR, W. R., EFE, M. A., RICE, S., ... & ECHAVE, M. E. (2005). **Assessment of the wintering area of red knots in Maranhão, northern Brazil, in February 2005.** *Wader Study Group Bull.*

BANG, C., DAGAN, T., DEINES, P., DUBILIER, N., DUSCHL, W. J., FRAUNE, S., ... & BOSCH, T. C. (2018). **Metaorganisms in extreme environments: do microbes play a role in organismal adaptation?**. *Zoology*. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2018.02.004>.

BARBIERI, E. 2007. **Seasonal abundance of shorebirds at Aracaju, Sergipe, Brazil**. *Wader Study Group Bull.* 113: 40–46.

BARBIERI, E., & HVENEGAARD, G. T. (2008). **Seasonal occurrence and abundance of shorebirds at Atalaia Nova Beach in Sergipe State, Brazil**. *Waterbirds*, 31(4), 636-644.

BART, J., BROWN, S., HARRINGTON, B., & I. GUY MORRISON, R. (2007). **Survey trends of North American shorebirds: Population declines or shifting distributions?**. *Journal of Avian Biology*, 38(1), 73-82.

BELLEFONTAINE, S. C., & HAMILTON, D. J. (2023). **Shorebirds exhibit niche partitioning on multiple dimensions at a small staging site on the Northumberland Strait, New Brunswick, Canada**. *Facets*, 8, 1–12. <https://doi.org/10.1139/facets-2022-0230>.

BIBBY, C., JONES, M., & MARSDEN, S. (1998). **Expedition field techniques: bird surveys. Geography Outdoors: the centre supporting field research, exploration and outdoor learning**. *Royal Geographical Society with IBG, London*, 1-134.

BRASIL, **Decreto nº 12.428 de 05 de junho de 1992**; dispõe sobre a Área de Proteção Ambiental (APA) do Upaon-Açú / Miritiba / Alto Preguiças.

BRASIL. **Decreto Federal nº 1.905, de 16 de maio de 1996**. In: Diário Oficial da União, 17 de maio de 1996. Promulga a Convenção sobre Zonas Úmidas de Importância Internacional, especialmente como Habitat de Aves Aquáticas, conhecida como Convenção de Ramsar, de 02 de fev.1971.

BRASIL. **Lei nº 7.661/1988, de 16 de maio de 1998**. Lei Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – (PNGC). Brasília, DF. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/17661.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17661.htm)>. Acesso em: 20 jul. 2025.

BROOKS, M. E., KRISTENSEN, K., VAN BENTHEM, K. J., MAGNUSSON, A., BERG, C. W.,

NIELSEN, A., ... & BOLKER, B. M. (2017). **Modeling zero-inflated count data with glmmTMB**. *BioRxiv*, 132753.

Burger, J. (2020). **Laughing gull (*Leucophaeus atricilla*)**, version 1.0. Birds of the World. Edited by PG Rodewald. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.laugul.1>.

BURGER, J., CARLUCCI, S. A., JEITNER, C. W., & NILES, L. (2007). **Habitat choice, disturbance, and management of foraging shorebirds and gulls at a migratory stopover**. *Journal of Coastal research*, 23(5), 1159-1166. DOI:10.2112/04-0393.1.

BURNHAM, K. P., & ANDERSON, D. R. (Eds.). (2002). **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach**. New York, NY: Springer New York.

CARDOSO, T. A. L. (2011). **Distribuição de aves limícolas migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) em estuários: preferência de habitats e estrutura das assembléias**. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Tede UEPB, Campina Grande.

CHU, P. C. (1994). **Historical Examination of Delayed Plumage Maturation in the Shorebirds (Aves: Charadriiformes)**. *Evolution*, 48(2), 327–350. <https://doi.org/10.2307/2410096>

CLEMENTS, S. J., LOGHRY, J. P., LINSKOTT, J. A., RUIZ, J., GUNN, J. C., NAVEDO, J. G., ... & WEEGMAN, M. D. (2025). **Migration strategy and constraint in migration behavior vary among shorebird species with different life histories**. *Ecosphere*, 16(1), e70161. DOI: 10.1002/ecs2.70161.

COLWELL, MA (2010). **Shorebird ecology, conservation, and management**. University of California.

CONSELHO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE - CONSEMA. **Resolução nº 82, de 5 de maio de 2025**. Disponível em > <https://sema.ma.gov.br/resolucoes-consema><. Acessado em 01 de agosto de 2025.

COSTA, C. M. C. (2017). **Distribuição espacial e temporal do macrozoobentos de habitats entre marés do canal da Raposa, Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil.** 2017. 99 p. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Conservação/CCBS) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2007.

DE AGUIAR PINHEIRO, M. V., MOURA-FÉ, M. M., & DE NEGREIROS FREITAS, E. M. (2013). **Os ecossistemas dunares e a legislação ambiental brasileira.** *Geo Uerj*, 2(24).

DE CARVALHO, D. L., & RODRIGUES, A. A. F. (2011). **Spatial and temporal distribution of migrant shorebirds (Charadriiformes) on Caranguejos Island in the Gulf of Maranhão, Brazil.** *Revista Brasileira de Ornitologia-Brazilian Journal of Ornithology*, 19(46), 8.

DE TARSO ZUQUIN ANTAS, P. 1983. **Migration of Nearctic Shorebirds Charadriidae And, Scolopacidae in Brasil-Flyways and Their Different Seasonal Use.** *Wader Study Group Bulletin*, 39(1), 32.

DEIN, J., & TRAN, L. (2024). **Scale dependence of bird diversity in London.** *Landscape Ecology* 2024 40:1, 40(1), 4-. <https://doi.org/10.1007/S10980-024-02018-4>

ESTEVEZ, F. A.. **Fundamentos de Limnologia.** 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998

FEDRIZZI, C.E. (2008). **Distribuição, abundância e ecologia alimentar de aves limícolas (Charadriiformes: Charadrii e Scolopaci) na zona costeira do Rio Grande do Sul, Brasil (Tese de doutorado).** Universidade Federal do Rio Grande.

FERRARI, S., & CRIBARI-NETO, F. (2004). **Beta regression for modelling rates and proportions.** *Journal of applied statistics*, 31(7), 799-815.

FURNESS, R. W., & CAMPHUYSEN, K. (1997). **Seabirds as monitors of the marine environment.** *Journal of marine Science*, 54(4), 726-737.

GONÇALVES, R. A., DE OLIVEIRA LEHUGEUR, L. G., DE ALENCAR CASTRO, J. W., & PEDROTO, Â. E. S. (2003). **Classificação das feições eólicas dos lençóis maranhenses-maranhão-brasil.** *Mercator*, 2(3).

GONSIOROSKI, G.H. (2011) [WA407028, **Charadrius wilsonia** (Ord, 1814)]. Wiki Aves. Disponível em <https://www.wikiave.com/407028>> Acesso em: 17 de Janeiro de 2025.

GONZÁLEZ-BERGONZONI, I., JOHANSEN, K. L., MOSBECH, A., LANDKILDEHUS, F., JEPPESEN, E., & DAVIDSON, T. A. (2017). **Small birds, big effects: the little auk (*Alle alle*) transforms high Arctic ecosystems**. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1849), 20162572.

GOUVÊA, A. C., BRAVO, G. A., ANTAS, P. D. T. Z., SCHUCHMANN, K. L., & SILVEIRA, L. F. (2023). **Rainy cycles in South America as a driver for the breeding of the Black Skimmer (*Rynchops niger*) and the Large-billed Tern (*Phaetusa simplex*)(Aves, Charadriiformes)**. *Papéis Avulsos de Zoologia*, 63, e202363028. <https://doi.org/10.11606/1807-0205/2023.63.028>.

GRATTO-TREVOR, C., MORRISON, R. G., MIZRAHI, D., LANK, D. B., HICKLIN, P., & SPAANS, A. L. (2012). **Migratory connectivity of Semipalmated Sandpipers: Winter distribution and migration routes of breeding populations**. *Waterbirds*, 35(1), 83-95.

GRUEBER, C. E., NAKAGAWA, S., LAWS, R. J., & JAMIESON, I. G. (2011). **Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions**. *Journal of evolutionary biology*, 24(4), 699-711.

HE, Q., & SILLIMAN, B. R. (2019). **Climate Change, Human Impacts, and Coastal Ecosystems in the Anthropocene**. *Current Biology*, 29(19), R1021–R1035. <https://doi.org/10.1016/J.CUB.2019.08.042>

HENKEL, J. (2015). **Migration strategy predicts stopover ecology in shorebirds on the northern Gulf of Mexico**. *Animal Migration*. DOI 10.1515/ami-2015-0003.

HENRICH, M., HARTIG, F., DORMANN, C. F., KÜHL, H. S., PETERS, W., FRANKE, F., ... & HEURICH, M. (2022). **Deer behavior affects density estimates with camera traps, but is outweighed by spatial variability**. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 881502.

IUCN, 2025. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/>< Acesso em: 10 de jan de 2025.

JACKSON, M. V., CARRASCO, L. R., CHOI, C. Y., LI, J., MA, Z., MELVILLE, D. S., ... &

FULLER, R. A. (2019). **Multiple habitat use by declining migratory birds necessitates joined-up conservation.** *Ecology and Evolution*, 9(5), 2505-2515. DOI: 10.1002/ece3.4895.

KAGEN, S. K., & OMAN, H. D. (1996). **Dietary flexibility of shorebirds in the western hemisphere.** *The Canadian field-naturalist*, 110(3), 419-444. <<https://eurekamag.com/research/008/464/008464611.php>>. Accessed 14 Oct 2025.

KOBER, K., & BAIRLEIN, F. (2009). **Habitat choice and niche characteristics under poor food conditions. A study on migratory nearctic shorebirds in the intertidal flats of Brazil.** *Ardea*, 97(1), 31-42. <https://doi.org/10.5253/078.097.0105>.

LANSU, E. M., REIJERS, V. C., HÖFER, S., LUIJENDIJK, A., RIETKERK, M., WASSEN, M. J., ... & VAN DER HEIDE, T. (2024). **A global analysis of how human infrastructure squeezes sandy coasts,** *Nat. Commun.*, 15, 432.

LARRAZÁBAL, M. E. D., AZEVEDO JÚNIOR, S. M. D., & PENA, O. (2002). **Monitoramento de aves limícolas na Salina diamante Branco, galinhos, Rio grande do Norte, Brasil.** *Revista Brasileira de zoologia*, 19, 1081-1089.

LIMA, L., SCHUNCK, F., SICILIANO, S., CARLOS, C., RENNÓ, B., FONSECA-NETO, F., FEDRIZZ, C., ALBANO, C., & MOURA, J. (2013). **Distribution, abundance and seasonality of Laughing Gulls, *Leucophaeus atricilla* (Charadriiformes: Laridae) in Brazil.** *Revista Brasileira De Ornitologia - Brazilian Journal Of Ornithology*, 18(41), 8. Retrieved from <http://www.revbrasilornitol.com.br/BJO/article/view/4010>

LOVAS-KISS, Á., SÁNCHEZ, M. I., WILKINSON, D. M., COUGHLAN, N. E., ALVES, J. A., & GREEN, A. J. (2019). **Shorebirds as important vectors for plant dispersal in Europe.** *Ecography*, 42(5), 956-967.

MELO DE ALMEIDA, B. J., & FERRARI, S. F. (2010). **Seasonal and longitudinal variation in the abundance and diversity of shorebirds (Aves, Charadriiformes) on Atalaia beach in northeastern Brazil.** *Ornitologia Neotropical*, 21(4), 10.

MORRISON, R. G., & ROSS, R. K. (1989). **Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America (Vol. 1).** Canadian Wildlife Service.

MUEHE, D. C. E. H. (2006). **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. *Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1*, 475.

NASCIMENTO, F. D. C. A. D., BRAGA, C. C., & ARAÚJO, F. R. D. C. D. (2017). **Análise estatística dos eventos secos e chuvosos de precipitação do Estado do Maranhão**. *Revista Brasileira de Meteorologia, 32*(3), 375-386.

NASCIMENTO, W. B. ALEXSSANDER. 2017. **Disponibilidade de presas para *Calidris canutus* e *Calidris pusilla* na costa do Maranhão, Brasil**. Trabalho de conclusão de Curso – Graduação em Ciências biológicas. Universidade Federal do Maranhão.

NEUMAN, K. K., HENKEL, L. A., & PAGE, G. W. (2008). **Shorebird use of sandy beaches in central California**. *Waterbirds, 31*(1), 115-121.

NICHOLS, C. R., ZINNERT, J., & YOUNG, D. R. (2018). **Degradation of coastal ecosystems: causes, impacts and mitigation efforts**. In *Tomorrow's Coasts: Complex and Impermanent* (pp. 119-136). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-6\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75453-6_8)

NORD, M., & FORSLUND, P. (2015). **Environmental Gradients Explain Species Richness and Community Composition of Coastal Breeding Birds in the Baltic Sea**. *PLOS ONE, 10*(2), e0118455. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0118455>.

NUNES, J.L; MEDONÇA, M.A (orgs). **Biodiversidade marinha da Ilha do Maranhão**. – São Luís: EDUFMA, 2013

OKSANEN, J., SIMPSON, G., BLANCHET, F., KINDT, R., LEGENDRE, P... & WEEDON, J. (2022). **vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.6-2, <https://CRAN.Rproject.org/package=vegan>.

OPOLSKI-NETO, T., & JÚNIOR, J. C. F. M. (2022). **Influência das condições edáficas na composição florística e estrutural de uma comunidade de restinga sobre costão rochoso no sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Geografia Física, 15*(2), 1108-1127.

O'REILLY, K. M., & WINGFIELD, J. C. (1995). **Spring and autumn migration in Arctic shorebirds: same distance, different strategies.** *American Zoologist*, 222-233.

OTERO, X.L., DE LA PEÑA-LASTRA, S., PÉREZ-ALBERTI, A. et al. **Seabird colonies as important global drivers in the nitrogen and phosphorus cycles.** *Nat Commun* 9, 246 (2018). <https://doi.org/10.1038/s41467-017-02446-8>.

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. DOI:10.1007/s43388-021-00058-x.

PALUDO, D., ALVES, M., DOS SANTOS, R. S., LEMOS, L., ZIBETTI, A. W., & HENSBERGE, H. (2022). **Aves limícolas na praia do Parque Nacional da Lagoa do Peixe e do entorno: análise dos censos conduzidos entre os anos de 2012 e 2021.** *Biodiversidade Brasileira*, 12(4). DOI: 10.37002/biobrasil.v12i4.2203.

PIENKOWSKI, M. W. (1979). **Differences in habitat requirements and distribution patterns of plovers and sandpipers as investigated by studies of feeding behaviour.** *Verh. Orn. Ges. Bayern*, 23, 105-124.

PIERSMA, T., LOK, T., CHEN, Y., HASSELL, C. J., YANG, H. Y., BOYLE, A., ... & MA, Z. (2016). **Simultaneous declines in summer survival of three shorebird species signals a flyway at risk.** *Journal of Applied Ecology*, 53(2), 479-490. doi: 10.1111/1365-2664.12582.

PINHEIRO, C. U. B., & DA SILVA MACHADO, D. (2016). **A Paisagem e a Vegetação na Ilha de Curupu, Litoral Ocidental do Estado do Maranhão.** *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 7(2), 84-100.

PINHEIRO, M. V. D. A. (2009). **Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras do município de Fortaleza, CE.** Dissertação de Mestrado (Área de concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial). Universidade Federal do Ceará: Fortaleza.

Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022. *Diário Oficial da União: seção I*, Brasília, DF, ano 159, n. 108, p. 74, 8 jun. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n>>

148-de-7-de-junho-de-2022-406272733>. Acesso em: 18 out. 2025.

PORTO DO ITAQUI, Disponível em ><https://www.portodoitaqui.com/porto-do-itaqui/localizacao>. < Acessado em março de 2025 as 16:29.

PROJETO MAPBIOMAS – **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Zona Costeira** - Coleção 7, acessado em 22 de agosto de 2025. DOI: <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/F1SN9W>.

PUTRA, C. A., PERWITASARI-FARAJALLAH, D., & MULYANI, Y. A. (2017). **Habitat use of migratory shorebirds on the coastline of Deli Serdang Regency, North Sumatra Province**. HAYATI Journal of Biosciences, 24(1), 16-21. <http://dx.doi.org/10.1016/j.hjb.2017.04.003>.

RÊGO, J. C. L., SOARES-GOMES, A., & DA SILVA, F. S. (2018). **Loss of vegetation cover in a tropical island of the Amazon coastal zone (Maranhão Island, Brazil)**. Land Use Policy, 71, 593-601. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.10.055>.

RODRIGUES, A. A. 2000. **Seasonal abundance of Nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil**. *Journal of Field Ornithology*. DOI: 71. 10.1648/0273-8570-71.4.665.

Rodrigues, A. A. F. 2007. **Priority areas for conservation of migratory and resident shorebirds on the coast of Brazilian Amazonia**. *Revista Brasileira de Ornitologia* 15 (2):209- 218.

RODRIGUES, A. A. F., & LOPES, A. T. Y. (2000). **The occurrence of Red Knots *Calidris canutus* on the north-central coast of Brazil**. *Bulletin-british ornithologists club*, 120(4), 251-258.

RODRIGUES, A., & PINHEIRO SOARES, R. (2013). **Spacial and temporal distribution of waterbirds in Santo Amaro Lake, Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Maranhão, Brasil**. *Revista Brasileira De Ornitologia - Brazilian Journal Of Ornithology*, 17(38), 10. Retrieved from <http://www.revbrasilornitol.com.br/BJO/article/view/3702>.

ROGERS, D. (2021). **Widespread use of artificial habitats by shorebirds in Australia**. *Emu*. DOI: 10.1080/01584197.2021.1873704

SANTOS, C. D., ROCHA, T. M., NASCIMENTO, A. W., OLIVEIRA, V., & MARTÍNEZ, C. (2019). **Prey choice by declining Atlantic flyway Semipalmated Sandpipers (*Calidris pusilla*) at a major wintering area in Brazil.** *Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology*, 42(2), 198-204. DOI: 10.1675/063.042.0206.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., SORIANO-SIERRA, E. J., VALE, C. C. D., BERNINI, E., ROVAL, A. S., PINHEIRO, M. A. A., ... & CINTRÓN-MOLERO, G. (2016). **Climate changes in mangrove forests and salt marshes.** *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(spe2), 37-52. DOI:10.1590/S1679-875920160919064sp2.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., VALE, CC., AND CINTRÓN, G. **Monitoramento do ecossistema manguezal: estrutura e características funcionais.** In: Turra, A., and Denadai, MR., orgs. **Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros – Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros – ReBentos [online].** São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2015, pp. 62-80. ISBN 978-85-98729-25-1.

SICK, H., BARRUEL, P., ANDRADE, C. D. D., & LEÃO, A. A. P. (1984). **Ornitologia brasileira.** Editora Nova Fronteira. Rio de Janeiro, 1997.

SILVA, L. D. M. R., & RODRIGUES, A. A. F. (2015). **Densidade e distribuição espacial de aves limícolas em habitats de forrageio na costa amazônica brasileira.** *Ornithologia*, 8(1), 17-21.

SMITH, M. G., M. A. SKEEL, E. P. MALLORY, AND P. PYLE (2025). **Eurasian Whimbrel (*Numenius phaeopus*),** version 1.0. In *Birds of the World* (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.whimbr5.01>.

SMITH, P. A., SMITH, A. C., ANDRES, B., FRANCIS, C. M., HARRINGTON, B., FRIIS, C., ... & BROWN, S. (2023). **Accelerating declines of North America's shorebirds signal the need for urgent conservation action.** *Ornithological Applications*, 125(2). <https://doi.org/10.1093/ornithapp/duad003>.

SMITH, R. V., STAFFORD, J. D., YETTER, A. P., HORATH, M. M., HINE, C. S., & HOOVER, J. P. (2012). **Foraging ecology of fall-migrating shorebirds in the Illinois River valley.** doi:10.1371/journal.pone.0045121.

SMITHSON, M., & VERKUILEN, J. (2006). **A better lemon squeezer? Maximum-likelihood regression with beta-distributed dependent variables.** *Psychological methods*, 11(1), 54.

SYMONDS, F. L., LANGSLOW, D. R., & PIENKOWSKI, M. W. (1984). **Movements of wintering shorebirds within the Firth of Forth: species differences in usage of an intertidal complex.** *Biological Conservation*, 28(3), 187-215.

TAFT, O. W., & HAIG, S. M. (2006). **Landscape context mediates influence of local food abundance on wetland use by wintering shorebirds in an agricultural valley.** *Biological Conservation*, 128(3), 298-307.

TEIXEIRA-SILVA, W. B. **Diversidade e distribuição de moluscos em manguezais expostos a diferentes níveis de perturbação ambiental na Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil /** Wallacy Borges Teixeira Silva. – São Luís, 2017.

TELINO-JÚNIOR, W. R., AZEVEDO-JÚNIOR, S. M. D., & LYRA-NEVES, R. M. D. (2003). **Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na coroa do avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil.** *Revista Brasileira de Zoologia*, 20, 451-456.

THE CORNELL LAB; Explore Taxonomy. Disponível em: ><https://birdsoftheworld.org/bow/species#chioni1>> Acessado em: 10 de Julho de 2025, as 14:09.

TREVAIL, A. M., VALLOCCHIA, S., NICOLL, M. A., CARR, P., VOTIER, S. C., WOOD, H., & FREEMAN, R. (2024). **Comparable foraging effort and habitat use between two geographically proximate tropical seabird colonies.** *Marine Biology*, 171(8), 165. <https://doi.org/10.1007/s00227-024-04464-9>.

VAN DE POL, M., BAILEY, L. D., FRAUENDORF, M., ALLEN, A. M., VAN DER SLUIJS, M., HIJNER, N., ... & ENS, B. J. (2024). **Sea-level rise causes shorebird population collapse before habitats drown.** *Nature Climate Change*, 14(8), 839-844. <https://doi.org/10.1038/s41558-024-02051-w>

VAN GILS, J., P. WIERSMA, GM KIRWAN, PC RASMUSSEN E PFD BOESMAN (2021). **Pantanal Snipe(Gallinago paraguaiae)**, versão 1.0. **Em Aves do Mundo** (PC Rasmussen,

Editor). Laboratório de Ornitologia de Cornell, Ithaca, NY, EUA.  
<https://doi.org/10.2173/bow.soasni2.01>

VANDUSEN, B. M., FEGLEY, S. R., & PETERSON, C. H. (2012). **Prey Distribution, Physical Habitat Features, and Guild Traits Interact to Produce Contrasting Shorebird Assemblages among Foraging Patches.** *PLOS ONE*, 7(12), e52694.

<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0052694>

ZMUDCZYŃSKA-SKARBEEK, K., ZWOLICKI, A., CONVEY, P., BARCIKOWSKI, M., & STEMPNIEWICZ, L. (2015). **Is ornithogenic fertilization important for collembolan communities in Arctic terrestrial ecosystems?.** *Polar Research*, 34(1), 25629.

ZOU, F., ZHANG, H., DAHMER, T., YANG, Q., CAI, J., ZHANG, W., & LIANG, C. (2008). **The effects of benthos and wetland area on shorebird abundance and species richness in coastal mangrove wetlands of Leizhou Peninsula, China.** *Forest Ecology and Management*, 255(11), 3813-3818. ISSN 0378-1127. [doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.020](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.020).

## CAPÍTULO 2 – SELEÇÃO DO HÁBITAT PARA AVES CHARADRIIFORMES (CHARADRII E SCOLOPACI) NO LITORAL DE SÃO LUÍS, ZONA COSTEIRA DO MARANHÃO.

### 1. INTRODUÇÃO

A seleção do hábitat é um processo comportamental, que resulta no uso do hábitat, na forma como cada espécie utiliza os recursos encontrados. A seleção adequada é importante para o seu ciclo de vida pois boa parte do sucesso reprodutivo e de sobrevivência das suas populações dependem da qualidade dessa seleção, uma vez que os fatores bióticos, abióticos, sociais, de distribuição de recursos e estrutura vegetal variam entre os diferentes tipos de hábitats. (Hutto 1985; Block & Brennan 1993)

Como Hutto (1985) explica, o termo “seleção do hábitat” pode induzir a uma falsa conotação de consciência na escolha do hábitat que não traduz corretamente o que ocorre com as espécies. Elas selecionam estes hábitats através de outros mecanismos e necessidades como por exemplo a sua migração para uma área como consequência geográfica e histórica; ou as instruções inatas passadas por ancestrais que tiveram sucesso evolutivo através destas “escolhas”; em alguns casos as experiências anteriores através da exploração destes hábitats, ofereceram pistas de que aquele local poderia estar próximo dos fatores determinantes para o seu sucesso.

A “escolha” é feita através de várias escalas, seja pela qualidade do hábitat, como a capacidade do ambiente fornecer condições adequadas para sobrevivência ou para reprodução; pela compensação entre os custos e benefícios de se alimentar e descansar em um determinado local; pela proteção contra predação e pela maximização do estoque energético (Hutto 1985; Fretwell and Lucas 1969; Block & Brennan 1993; Jourdan, C, 2021).

Para o grupo das aves Charadriiformes, estudos sobre sua alimentação (Skagen and Oman, 1996; Smith *et al.*, 2012), distribuição em locais de reprodução e de invernada (Carvalho e Rodrigues, 2011; Barbieri, 2015; Anderson, 2023), são amplamente realizados. Pesquisas ao redor do mundo com a preferência do hábitat demonstram um certo padrão escolhido por essas aves ao longo dos locais de reprodução e invernada, na Europa por exemplo a preferência foi por planícies de maré (tidal flats) e pântanos salgados (salt marshes) (Donnez, 2023).

Na Índia o tipo de hábitat preferido foram os bancos de lama para descanso e reposição da energia durante a migração (Pandiyan & Asokan, 2016); na China fatores como a urbanização em áreas naturais foram um problema e as espécies preferiram zonas úmidas recém-formadas (tidal flats) e áreas vegetadas que serviam de proteção contra a perturbação antrópica (Zhang, *et al.* 2019).

No Brasil os estudos estão mais direcionados a estratégias de forrageio, distribuição das aves e áreas prioritárias para conservação (Rodrigues, 2007; Angarita-Báez & Carlos, 2024) e

no Maranhão, que é um importante sítio de parada e internada na América do Sul para as aves limícolas Charadriiformes (Morrison & Ross, 1989) e que vem perdendo cobertura natural, principalmente da parte costeira ao longo dos últimos anos (Rêgo, et. al 2018), não existem estudos sobre a seleção do habitat com base na paisagem.

Esta é uma lacuna importante do conhecimento para o litoral do Maranhão devido a importância da área para as aves Charadriiformes, principalmente tendo em vista que declínios populacionais vêm ocorrendo ao longo das últimas cinco décadas, em espécies como *C. canutus*, *C. pusilla*, *A. Interpres* entre outras (Studds, et al. 2017; Smith, et al. 2023; IUCN, 2026).

As mudanças climáticas e atividades antrópicas ao longo dos anos alteram localmente as características dos sítios de internada e podem influenciar o padrão de seleção estabelecidos por estas aves, portanto esse trabalho surge na tentativa de investigar se a paisagem dos diferentes habitats e suas características têm influenciado na escolha desses locais por essas aves. A hipótese é que as espécies terão sua abundância baseada na proporção de habitats naturais, apresentando uma inclinação positiva, em detrimento de habitats antropizados, apresentando uma inclinação negativa ou assíntota, em relação a sua abundância.

## 2 OBJETIVOS

- Identificar quais tipos de habitat influenciam na abundância das espécies de aves Charadriiformes da subordem Charadrii e Scolopaci (limícolas);

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Área de estudo

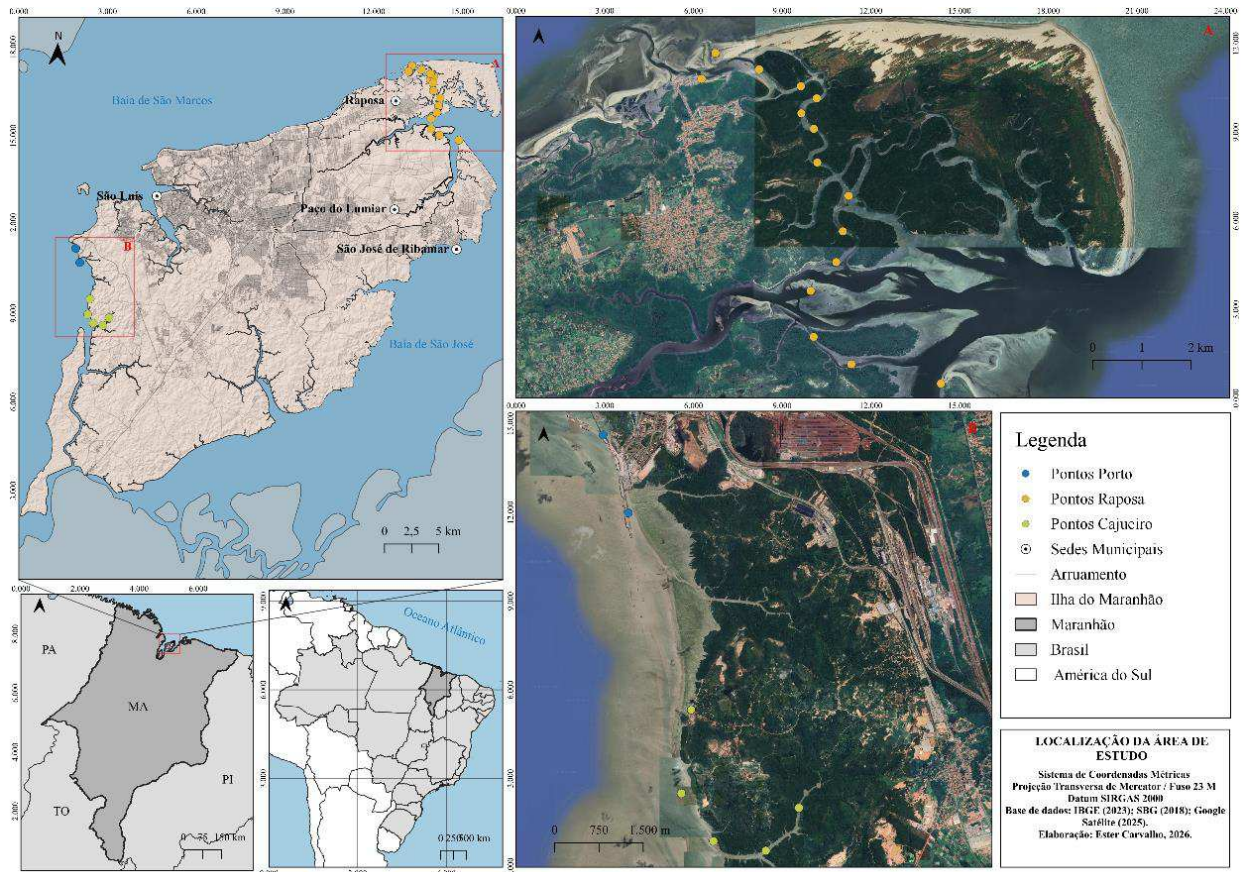
As coletas foram realizadas em três áreas distintas: a primeira, no município de Raposa (Figura 1) que fica localizado a 29 km do centro de São Luís (02°24'57.41"S 44°06'02.36"W) e está inserida na Bahia de São José, sendo um dos quatro municípios que compoem a Ilha de Upaon-Açu. Ao sul faz limite com os municípios de Paço do Lumiar e de São José de Ribamar; a leste com a ilha de Curupu e a baía de São Marcos e a oeste pelo município de São Luís, já ao norte é limitado pelo Oceano Atlântico; A localidade é caracterizada por lamaçal interdital com floresta de manguezal predominante, além de dunas com vegetação de restinga rasteira e arbustiva em zona supralitoral e praias arenosas. A segunda área foi no Complexo portuário Porto do Itaqui; caracterizado por lamaçais interditais (lavado); e igarapés com floresta de manguezal, entre o berço 99 (02°35'15.60"S e 44°22'03.78"W) e berço 108 (02°34'14.46" S e 44°22'35.98" W), localizado no distrito industrial na região do Itaqui, a 11 km do centro de São Luís (Figura 2). A terceira área foi a Praia do Cajueiro (02°61'58.22"S/ 44°35'79.33"W) com mangues, pequenas salinas e igarapés,

área adjacente ao Porto do Itaqui (Figura 2). O clima é o tropical quente e úmido, com dois períodos bem definidos, de janeiro a junho chuvoso e de julho a dezembro seco (Nascimento *et.al*, 2017) com temperaturas médias anuais de mais ou menos 26°C (INMET, 2025).

### 3.2 Coleta de dados

A coleta dos dados foi realizada no período de janeiro de 2024 a julho de 2025, com transectos (TR) de 500 m entre todos os percursos. Para o Porto do Itaqui foram três; para o Cajueiro 13, três realizados andando e 10 realizados de barco; Para Raposa 33, sendo quatro realizados andando e 29 realizados de barco, quatro realizados a pé e 29 de barco, partindo do Canal da Raposa, até a Praia de Panaquatira (Figura 1). Destes, apenas 20 pontos foram escolhidos aleatoriamente para as análises dos dados na modelagem. O tamanho das áreas onde ocorreram os censos foram respectivamente: Porto do Itaqui com 1,5 km; Cajueiro com 6 km e Raposa com 15,5 km, os censos foram feitos utilizando as técnicas descritas por Bibby *et. al.* (1998), de contagem direta para poucos indivíduos até centenas e contagens com estimativas para bandos maiores. Todas as observações foram realizadas com auxílio de um binóculo (10x42mm), uma luneta e/ou câmera fotográfica. Para auxílio na identificação da avifauna foi utilizado bioacústica, com as vocalizações de cada espécie, o guia de campo digital do The Cornell Lab – Merlim e principalmente para consultas a enciclopédia online The Birds of The World. A nomenclatura científica e a classificação taxonômica das aves seguiram o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos - CBRO (Pacheco *et al*, 2021). Os dados coletados foram: dia, mês, ano, área de amostragem, espécies, abundâncias, estação do ano (Nimer, E. 1989), unidade amostral sendo os transectos e por fim os tipos de habitat de acordo com o código das classes da coleção 9 na plataforma MapBiomas, sendo Rios com código (5.1), Mangues (1.3), Praias e Dunas (4.1), Áreas úmidas (2.1), Floresta Alagável (1.4), Sem Vegetação (4), Florestas (1), Pasto (3.1), Urbano (4.2), Apicum (2.3), Aquicultura (5.2) e Mineração (4.3).

*Figura 1- Área de estudo*



Fonte: SGB (2018); IBGE (2023). Elaborado por Carvalho, E. S. (2026)

### 3.3 Análise de dados

A análise estatística foi conduzida por meio de uma abordagem integrada de modelagem linear generalizada mista (*Generalized Linear Mixed Model - GLMM*) e seleção multimodelo, desenhada para inferir os efeitos de cada tipo habitat ou paisagem sobre a abundância de aves limícolas migratórias e residentes a partir de dados de contagem, levando em consideração o excesso de zeros e estrutura a hierarquica espacial e temporal.

A preparação prévia dos dados seguiu o protocolo de exploração prévia recomendado por Zuur et al., 2010, incluindo inspeções de outliers, investigação de relações não lineares entre variáveis, heterogeneidade de variância, colinearidade e estrutura de dependência (Zuur et al., 2010). Esse procedimento resultou na exclusão das variáveis: Sem vegetação, Savana, Pasto e Aquacultura. Ainda, para cada espécie, calculamos a proporção de zeros e excluimos aquelas espécies com proporção de zeros superior a 80%. Nesse último caso, foram excluídas as espécies *C. canutus*, *C. himantopus*, *C. minutilla*, *C. wilsonia*, *C. collaris*, *H. Palliatus*, *H. Mexicanus*, *C. alba*, *Jacana jacana*, *T. flavipes*, *T. melanoleuca* e *V. chilensis*. Também investigamos a sobredispersão por meio de diagnósticos formais, evitando decisões baseadas apenas em limiares arbitrários de zeros. A escolha da família de distribuição foi guiada por evidências empíricas e comparação de ajuste a partir do Critério de Informação de Akaike (AIC), priorizando a distribuição binomial negativa,

quando presente sobredispersão, e testando componentes de inflação de zeros quando indicado por diagnósticos (Zuur et al., 2009; Ridout et al., 1998). Essa abordagem foi necessária para evitar sobreajuste e garantir a coerência com a natureza dos dados de contagem do nosso estudo.

Para investigar a multicolinearidade e a sobreparametrização, nós aplicamos uma triagem baseada na investigação da força da relação entre as variáveis utilizando uma análise de correlação; e aplicamos o Fator de Inflação de Variância (VIF) para investigar o nível de colinearidades das variáveis. Por convenção, transformamos os valores brutos em uma escala padronizada com média 0 e desvio-padrão 1 (Z-score) para melhorar a interpretabilidade dos coeficientes e a estabilidade numérica. Essa etapa é crítica para eliminar variáveis indesejáveis, evitar vieses em estimativas e inflacionar incerteza em modelos mistos (Zuur et al., 2009).

Para construção e comparação sistemática do conjunto de modelos candidatos por espécie, utilizamos *glmmTMB* (Brooks et al., 2017), pela flexibilidade em ajustar famílias com sobredispersão, trabalhar com autocorrelação espacial e temporal dos dados e estruturas de zero-inflation. A construção da modelagem iniciou-se com um modelo nulo (Abundancia ~ 1 + (1Transecto) + (1Meses)), capturando variação espacial (1Transecto) e temporal (1Meses) não explicada. Em seguida, testamos modelos aditivos com todas as variáveis selecionadas (Abundancia ~ Florestas + Mangues + PraiasDunas + Rios + FlorestaAlagavel + ÁreasÚmidas + Apicum + Urbano" + (1Transecto) + (1Meses)). Para testar se os modelos também se adequam a proporção de zeros nos dados, também comparamos os modelos com e sem a influência de zero-inflation (Zuur et al., 2009; Johnson et al., 2020).

O modelo global criado foi posteriormente comparado com um modelo nulo utilizando o Critério de Informação de Akaike (AIC) e uma análise de variância (ANOVA) entre os modelos do tipo teste de razão de verossimilhança, que avalia a significância estatística dos preditores incluídos proporcionando a melhora nos ajustes dos modelos. Além desse procedimento, também submetemos o modelo a um diagnóstico de seus resíduos simulados utilizando o pacote *DHARMA*, que incluiu testes de uniformidade, sobredispersão, inflação de zeros e autocorrelação temporal, etapas essenciais para validar as suposições do modelo e evitar falsas interpretações (Warton et al., 2016; Zuur et al., 2010).

Todo o arcabouço foi implementado em R (R Core Team, 2023), cobrindo curadoria dos dados, construção e comparação de modelos candidatos, diagnóstico e síntese gráfica.

## 4 RESULTADOS

A modelagem aplicada em nosso estudo evidenciou respostas ecológicas distintas, refletindo a seletividade de habitat característica de cada espécie. Os modelos destacaram desde associações significativas fortes, positivas ou negativas, com elementos-chave da paisagem, até a

aparente neutralidade de outras espécies frente às variáveis medidas, sugerindo que outros fatores não contemplados no modelo podem reger sua distribuição local.

Por exemplo, o modelo selecionado para *P. squatarola* revelou que a abundância da espécie é influenciada positivamente pela presença de Rios e áreas de Floresta Alagável ( $p < 0,05$ ); e negativamente pela cobertura de mangues (Tabela 1). Para *C. semipalmatus*, a cobertura determinante foi a de Mangues, que apresentou um efeito negativo altamente significativo sobre sua abundância ( $p < 0,05$ ). Outras variáveis como Floresta Alagável, Apicum e Urbano não apresentaram efeitos estatisticamente significativos ( $p > 0,05$ ), embora tenham demonstrado inclinações negativas (Tabela 1)

A abundância de *A. interpres* apresentou correlação positiva e significativa para as variáveis Rios e Florestas ( $p < 0,05$ ); e demonstrou sensibilidade negativa aos habitats de Praias e Dunas, Mangues, Áreas úmidas e Florestas Alagáveis ( $p < 0,05$ )(Tabela 1). Diferente das demais espécies, *A. macularius* foi a única a apresentar uma relação positiva significativa para Áreas úmidas ( $p < 0,05$ ) e apresentando inclinações negativas para Rios, Praias e Dunas, Apicum e Mineração, apesar de não terem sido significativos (Tabela 1).

Já para demais espécies que foi possível rodar os modelos, como *C. pusilla*, *Numenius hudsonicus*, *Limnodromus griseus* e *Tringa semipalmata* nenhuma das variáveis de cobertura do solo testadas apresentou efeito significativo (negativo ou positivo) sobre suas abundâncias (Tabela 1). Todos os modelos foram validados quanto à ausência de autocorrelação entre o tempo e espaço, não sendo significativos mostrando, portanto, a independência dos dados analisados, que não apresentam influencia de amostras muito próximas que pudessem provocar erros nas análises.

**Tabela 5 – Modelos de comparação das abundâncias de aves Charadriiformes na zona costeira de São Luís, entre os diferentes tipo de cobertura do solo.**

	Estimativa	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de P
<i>Pluvialis squatarola</i>				
Intercepto	1.3266	0.1774	7.477	< 0.05 ***
Florestas	0.2259	0.2195	1.029	0.30351
Mangues	-0.8737	0.2169	-4.028	< 0.05***
Praias e Dunas	0.2365	0.2515	0.941	0.34692
Rios	0.9467	0.2755	3.436	0.00059 ***
Floresta alagável	0.3386	0.1502	2.254	0.02421 *
Áreas úmidas	-0.1777	0.3512	-0.506	0.61294
Apicum	-0.3427	0.3338	-1.027	0.30450
Urbano	0.3982	0.2378	-1.674	0.09410
Mineração	-	-	-	-

	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor de P</b>
<i>Charadrius semipalmatus</i>				
Intercepto	0.5605	0.51524	1.101	0.271094
Florestas	0.22585	0.64878	0.348	0.727756
Mangues	-1.83173	0.49337	-3.713	0.000205 ***
Praias e Dunas	0.03814	0.50498	0.076	0.939801
Rios	0.12638	0.52217	0.242	0.8087463
Floresta alagavel	-1.55873	1.55064	-1.005	0.314794
Áreas úmidas	1.04198	0.83102	1.254	0.209890
Apicum	-0.08575	0.77993	-0.110	0.912450
Urbano	-0.71744	0.550807	-1.286	0.198595
Mineração	-	-	-	-
	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor de P</b>
<i>Numenius hudsonicus</i>				
Intercepto	0.77646	0.40092	1.937	0.0528
Florestas	0.01427	0.46242	0.031	0.9754
Mangues	-0.32838	0.55549	-0.591	0.5544
Praias e Dunas	0.12014	0.61289	0.196	0.8446
Rios	-0.57310	0.59658	-0.961	0.3367
Floresta alagavel	0.13243	0.43185	0.307	0.7591
Áreas úmidas	0.96195	0.68412	1.406	0.1597
Apicum	-0.23219	0.60292	-0.385	0.7002
Urbano	-0.22136	0.52676	-0.420	0.6743
Mineração	-	-	-	-
	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor de P</b>
<i>Arenaria interpres</i>				
Intercepto	1.6556	0.1737	9.533	<0.05 ***
Florestas	0.6458	0.2239	2.884	0.003924 **
Mangues	-0.7955	0.1898	-4.192	<0.05 ***
Praias e Dunas	-1.3881	0.2305	-6.022	<0.05 ***
Rios	0.8014	0.2103	3.810	0.000139 ***
Floresta alagavel	-0.4143	0.1873	-2.212	0.026970 *
Áreas úmidas	-0.9290	0.3206	-2.898	0.003754 **
Apicum	-0.2476	0.2551	-0.971	0.331750
Urbano	-0.1743	0.2215	-0.787	0.431273
Mineração	-	-	-	-
	<b>Estimativa</b>	<b>Erro Padrão</b>	<b>Valor de Z</b>	<b>Valor de P</b>

<i>Calidris pusilla</i>				
	Estimativa	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de P
Intercepto	292.63	135.97	2.152	0.0314 *
Florestas	-84.42	194.50	-0.434	0.6643
Mangues	-166.40	168.93	-0.985	0.3246
Praias e Dunas	-81.04	184.86	-0.438	0.6611
Rios	46.52	187.09	0.249	0.036
Floresta alagavel	81.17	222.93	0.364	0.7158
Áreas úmidas	369.15	333.62	1.106	0.2685
Apicum	131.58	358.46	0.367	0.7136
Urbano	-259.93	206.45	-1.259	0.2080
Mineração	-	-	-	-
<i>Limnodromus griséus</i>				
	Estimativa	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de P
Intercepto	-4.9966	304.1221	-0.016	0.9869
Florestas	5.3440	3.3853	1.579	0.1144
Mangues	16.3323	13.0527	1.251	0.2108
Praias e Dunas	4.0587	2.1918	1.852	0.0641
Rios	14.7928	12.2945	1.199	0.2305
Floresta alagavel	1.6919	1.8329	0.923	0.3560
Áreas úmidas	-3.5874	2.4948	-1.438	0.1505
Apicum	0.9493	1.0433	0.910	0.3629
Urbano	-0.7184	1253.6719	-0.001	0.9995
Mineração	-	-	-	-
<i>Actitis macularius</i>				
	Estimativa	Erro Padrão	Valor de Z	Valor de P
Intercepto	-0.698056	0.342070	-2.0041	0.0413 *
Florestas	0.05793	0.239533	0.242	0.8089
Mangues	0.009329	0.263485	0.035	0.9718
Praias e Dunas	-0.736640	0.420883	-1.750	0.0801
Rios	-0.177032	0.294588	-0.601	0.5479
Floresta alagavel	0.189308	0.213544	0.886	0.3753
Áreas úmidas	0.692757	0.328967	2.106	0.0352 *
Apicum	-0.325201	0.314168	-1.035	0.3006
Urbano	0.131025	0.241232	-0.543	0.5870
Mineração	-0.063617	-0202154	-0.315	0.7530
<i>Tringa semipalmata</i>				

Intercepto	0.4505788	0.4658439	0.967	0.333
Florestas	0.4565255	0.5120364	0.892	0.373
Mangues	-0.2217852	0.6183282	-0.359	0.720
Praias e Dunas	-0.0500498	0.6743678	-0.074	0.941
Rios	-0.260796	0.6556982	-0.398	0.691
Floresta alagavel	-0.0007396	0.4793550	-0.002	0.999
Áreas úmidas	0.2743381	0.7780480	0.353	0.724
Apicum	0.2351280	0.6853294	0.343	0.732
Urbano	-0.0430964	0.5946935	-0.072	0.942
Mineração	-	-	-	-

**Tabela 1** - Modelos de comparação das abundâncias de aves Charadriiformes na zona costeira de São Luís, entre os diferentes tipos de cobertura do solo. **Nota:** (\*) Nível de significância do valor de p. **Fonte:** Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui com dados de janeiro de 2024 a julho de 2025 - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

## 5 DISCUSSÃO

De maneira geral como pode ser confirmado na literatura, as espécies limícolas abrigam-se e alimentam-se em áreas úmidas, lamosas, estuários, bancos de areia (Pandiyan & Asokan, 2016; Zhang, *et al.* 2019; Donnez, 2023); os resultados da modelagem realizados nesta pesquisa demonstraram significância positiva para os habitats de (1) florestas, (2) rios e (3) áreas úmidas, corroborando a preferência observada destas aves em outros estudos ao redor do mundo, aqui também no litoral ludovicense.

Este primeiro habitat pode ser preferencialmente escolhido por promover proteção durante as marés altas momento em que as espécies geralmente descansam, pois, as áreas de alimentação ficam inundadas e também contra atividades humanas ou ambientes mais urbanizados que podem afugenta-las como observado no trabalho feito por Zhang (2019) na China;

Já o segundo e o terceiro habitats mais comuns, os rios e áreas úmidas, são locais propícios as atividades de forrageamento destas aves, que se alimentam de macroinvertebrados, insetos, anelídeos, nematódeos e pequenos crustáceos (Skagen e Oman, 1996; Fonteneau, *et al* 2012; Smith *et al.*, 2012) encontrados na lamina d'água durante a variação da maré (Mazzer, 1999), que são encontrados nos solos lamosos da margem dos rios e dos bancos de areia úmidos encontrados nestes locais (Costa, 2007; Rodrigues, 2016).

As coberturas que apresentaram inclinações significativamente negativas (1) mangues, (2) praias e dunas, (3) apicum e (4) mineração, sugerem algumas explicações a partir do que foi observado em campo. As áreas de mangue e apicum visitadas, no Porto do Itaqui e no Cajueiro, apresentaram atividades de industrialização, movimentação de navios de carga, sons de buzinas de alerta entre outras atividades que podem afugentar as espécies deste tipo de vegetação, já que ela é

naturalmente utilizada como ponto de proteção, reprodução e descanso por diversas espécies (Souza, 2018).

Já a área de mangue da Raposa e de de praias e Dunas, a pesar de não haver indústria, apresenta forte atividade turística tanto entre as dunas, como passeios realizados de barcos nos canais do mangue, além de muita atividade de jet-ski, as quais são movimentações comprovadamente prejudiciais para as aves limícolas (Rodgers & Schwikert, 2002).

Durante os censos realizados nos dias úteis na semana era visivelmente diferente, espécies menos conspícuas (como *Aramides mangle*, que não entrou nestas análises) apareciam com maior frequência, do que em dias mais agitados de finais de semana, onde a movimentação dos barcos dentro dos mangues era maior, em muitas vezes, barcos com sons altos iam a nossa frente nos censos, o que com certeza deve ser um fator a ser considerado, por diminuir a abundância observada das espécies neste hábitat, como também já foi documentado em um estudo na Argentina (Cardoni *et al.* 2008).

Além dos problemas de gestão das atividades nestas áreas, a região costeira de maneira global, enfrenta sérios problemas que também podem influenciar a diminuição destes hábitats e consequentemente afetar a abundância das espécies nestes locais, que é o aumento do nível do mar. Neste estudo não foram incluídas variáveis ambientais tais como temperatura, velocidade e direção do vento e nível do mar que são afetadas pelas mudanças climáticas, mas são importantes para serem investigadas, uma vez que essas alterações podem afetar os locais de nidificação e invernada das aves Charadriiformes (Amano, 2020, Anderson, *et al.* 2023; Burton, *et al.* 2023).

## 6 CONCLUSÃO

O estudo neste capítulo permitiu identificar quais hábitats foram selecionados positiva e negativamente pelas espécies limícolas da ordem Charadriiformes. A hipótese proposta foi parcialmente confirmada: as inclinações positivas estiveram majoritariamente associadas a ambientes naturais, como florestas, rios e áreas úmidas, reforçando sua relevância para o repouso e forrageamento dessas aves. Entretanto, algumas inclinações negativas também ocorreram em hábitats naturais, como manguezais e praias, sugerindo que fatores antrópicos observados em campo, como turismo desordenado, industrialização e atividades recreativas, podem reduzir a abundância das espécies nesses locais.

Esses resultados evidenciam que a abundância das aves não depende apenas da proporção de hábitats naturais, mas também da qualidade ecológica e do nível de perturbação presente em cada ambiente. Portanto, é fundamental que as localidades que abrigam essa diversidade compreendam como as aves ocupam os diferentes espaços e quais fatores influenciam suas escolhas, para o desenvolvimento de medidas de manejo e conservação que sejam

sustentáveis tanto para as espécies, quanto para a população que sobrevive de oferecer os serviços turísticos.

Dessa forma, este estudo contribui com informações relevantes para servir de apoio a políticas de conservação das áreas de estudo, como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC) pela Lei do Gerenciamento Costeiro (Lei nº 7.661/1988), reforçando e a importância dos ambientes costeiros maranhense frente às ameaças antrópicas a qualidade dos habitats nos pontos de internada e parada das aves migratória.

Propõe-se, portanto, maior rigor na fiscalização das atividades turísticas desenvolvidas dentro das Áreas de Proteção Ambiental (APA), em especial na APA de Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiças. Recomenda-se a restrição do livre acesso para atividades com jetskis, bem como a proibição ou limitação da circulação de embarcações equipadas com som automotivo em volume elevado em áreas próximas aos bandos e nos manguezais, considerando que tais práticas interferem diretamente na presença das espécies estudadas. Além disso, sugere-se a aplicação de multas e outras penalidades, como a participação obrigatória em atividades de educação ambiental e limpeza da área, para coibir ações de desmatamento e o descarte irregular de resíduos sólidos.

A continuidade dos monitoramentos e a inclusão de variáveis ambientais, como temperatura, ventos e nível do mar, além de investigações sobre a influência da proximidade das atividades humanas e a abundância das aves Charadriiformes serão essenciais para aprofundar o entendimento da ecologia dessas aves e subsidiar políticas de conservação costeira nestas áreas.

## REFERÊNCIAS

- AMANO, T., SZÉKELY, T., WAUCHOPE, H. S., SANDEL, B., NAGY, S., MUNDKUR, T., LANGENDOEN, T., BLANCO, D., MICHEL, N. L., & SUTHERLAND, W. J. (2020). **Responses of global waterbird populations to climate change vary with latitude.** *Nature Climate Change*, 10(10), 959 – 964. <https://doi.org/10.1038/S41558-020-0872-3>
- ANDERSON, C. M. et al. **Climate-related range shifts in Arctic-breeding shorebirds.** 2023.
- ANGARITA-BÁEZ, J.A., CARLOS, C.J. **Feeding behavior and prey of three migratory shorebirds (Aves: Charadriiformes) during the nonbreeding season in southern Brazil.** *acta ethol* 27, 27 – 38 (2024). <https://doi.org/10.1007/s10211-023-00427-3>
- BARBIERI, E. **Seasonal Occurrence and Abundance of Shorebirds at Atalaia Nova Beach in Sergipe State, Brazil.** 2015.
- BROOKS, M. E. et al. **glmmTMB balances speed and flexibility among packages for zero-inflated generalized linear mixed modeling.** *The R Journal*, v. 9, n. 2, p. 378 – 400, 2017.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach.** 2. ed. New York: Springer-Verlag, 2002.
- BURTON, N.H.K., DAUNT, F., KOBER, K., HUMPHREYS, E.M. AND FROST, T.M. (2023) **Impacts of Climate Change on Seabirds and Waterbirds in the UK and Ireland.** *MCCIP Science Review* 2023, 26pp. doi: 10.14465/2023.reu14.saw.
- CARDONI, D. A., FAVERO, M., & ISACCH, J. P. (2008). Recreational activities affecting the habitat use by birds in Pampa's wetlands, Argentina: Implications for waterbird conservation. *Biological Conservation*, 141(3), 797–806. <https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2007.12.024>
- COSTA, C.M.C. (2007). **Distribuição espacial e temporal de Macrozoobentos de habitats entre marés do Canal da Raposa, Baía de São Marcos, Maranhão, Brasil.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação/ccbs, Universidade Federal do aranhão.83f.
- DONNEZ, M., SCHWEMMER, P., FORT, J. *et al.* (2023). **Small Space but High Diversity: Spatial and Temporal Habitat Use by Endangered Eurasian Curlew at Wintering Sites Throughout Europe.** *Wetlands* 43, 80. <https://doi.org/10.1007/s13157-023-01728-w>.
- DORMANN, C. F. et al. **Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance.** *Ecography*, v. 36, n. 1, p. 27 – 46, 2013.
- FRETWELL, S. D., AND H. L. LUCAS. 1969. **On territorial behavior and other factors influencing habitat distribution in birds: I. Theoretical development.** *Acta Biotheoretica* 19: 16 – 36. <https://doi.org/10.1007/BF01601953>.
- GARNIER, E. et al. **Plant functional markers capture ecosystem properties during secondary succession.** *Ecology*, v. 85, n. 9, p. 2630 – 2637, 2004.
- GOMES, L. C. et al. **Disentangling the drivers of bird abundance in Atlantic Forest fragments:**

**A multiscale and multimodel inference approach.** *Biological Conservation*, v. 265, 2022.

HUTTO, R. L. (1985). 1 85. **Habitat selection by nonbreeding, migratory land birds.** *Habitat Selection in Birds* (ML Cody, Ed.). Academic Press, Orlando, Florida, 455-476.

**Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.** Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 9 jan. 2026.

JOHNSON, T. J. et al. **Multimodel inference for habitat selection: A case study of forest birds in managed mountain pine forests.** *Forest Ecology and Management*, v. 473, 2020.

JOURDAN, C., FORT, J., PINAUD, D. et al. (2021). **Highly diversified habitats and resources influence habitat selection in wintering shorebirds.** *J Ornithol* 162, 823 – 838 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10336-021-01873-1>.

LÜDECKE, D. et al. **performance: An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models.** *Journal of Open Source Software*, v. 6, n. 60, p. 3139, 2021.

MASERO, JOSÉ A. et al. **Food supply for waders (Aves: Charadrii) in an estuarine area in the Bay of Cadiz (SW Iberian Peninsula).** *Acta oecologica*, v. 20, n. 4, p. 429-434, 1999.

MIN ZHANG, YONGMI HONG, FASHENG ZOU, QIANG ZHANG, HONGMIN FAN, SOT CHAN, KUI-TAT CHEONG, KUN-FONG LEONG. (2019). **Response of shorebird habitat selection to coastal reclamation and urbanization in an extensively developed delta: A case study in Macao, China,** *Ocean & Coastal Management*, Volume 179, 2019, 104871, ISSN 0964-5691, <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104871>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0964569118310354>)

MORIN, D. J. et al. **The many faces of fear: a comprehensive review of predator-mediated effects in mammal ecology.** *Mammal Review*, v. 50, n. 1, p. 30 – 42, 2020.

NAKAGAWA, S.; SCHIELZETH, H. **A general and simple method for obtaining R<sup>2</sup> from generalized linear mixed-effects models.** *Methods in Ecology and Evolution*, v. 4, n. 2, p. 133 – 142, 2013.

PANDIYAN, J., ASOKAN, S.(2016). **Habitat use pattern of tidal mud and sand flats by shorebirds (charadriiformes) wintering in southern India.** *J Coast Conserv* 20, 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11852-015-0413-9>.

PEDERSEN, T. L. **patchwork: The Composer of Plots.** R package, 2022.

RIDOUT, M.; DEMÉTRIO, C. G. B.; HINDE, J. **Models for count data with many zeros.** *International Biometric Conference*, Cape Town, 1998.

RODRIGUES, Carlos AL et al. **Patterns of mollusc distribution in mangroves from the São Marcos Bay, coast of Maranhão State, Brazil.** *Acta Amazonica*, v. 46, n. 4, p. 391-400, 2016.

RODGERS, J. A., & SCHWIKERT, S. T. (2002). **Buffer-zone distances to protect foraging and loafing waterbirds from disturbance by personal watercraft and outboard-powered boats.** *Conservation Biology*, 16(1), 216–224. <https://doi.org/10.1046/J.1523-1739.2002.00316.X>

SKAGEN, S. K., AND H. D. OMAN. 1996. **Dietary flexibility of shorebirds in the western hemisphere.** *Canadian Field Naturalist*.

SMITH, PAUL A. et al. **Accelerating declines of North America's shorebirds signal the need for urgent conservation action.** *Ornithological Applications*, v. 125, n. 2, p. duad003, 2023.

SMITH, R. V., J. D. STAFFORD, A. P. YETTER, M. M. HORATH, C. S. HINE, AND J. P. HOOVER. 2012. **Foraging ecology of fall-migrating shorebirds in the Illinois River Valley.** *PLOS ONE* 7:e45121.

SOUZA, C. A., DUARTE, F. A., JOÃO, C. A., & PINHEIRO, M. A. A. (2018). **Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica.**

STUDDS, C., KENDALL, B., MURRAY, N. *et al.* **Rapid population decline in migratory shorebirds relying on Yellow Sea tidal mudflats as stopover sites.** *Nat Commun* 8, 14895 (2017). <https://doi.org/10.1038/ncomms14895>.

WARTON, D. I. et al. **The arcsine is asinine: the analysis of proportions in ecology.** *Ecology*, v. 97, n. 3, p. 573 – 580, 2016.

WICKHAM, H. et al. **Welcome to the tidyverse.** *Journal of Open Source Software*, v. 4, n. 43, p. 1686, 2019.

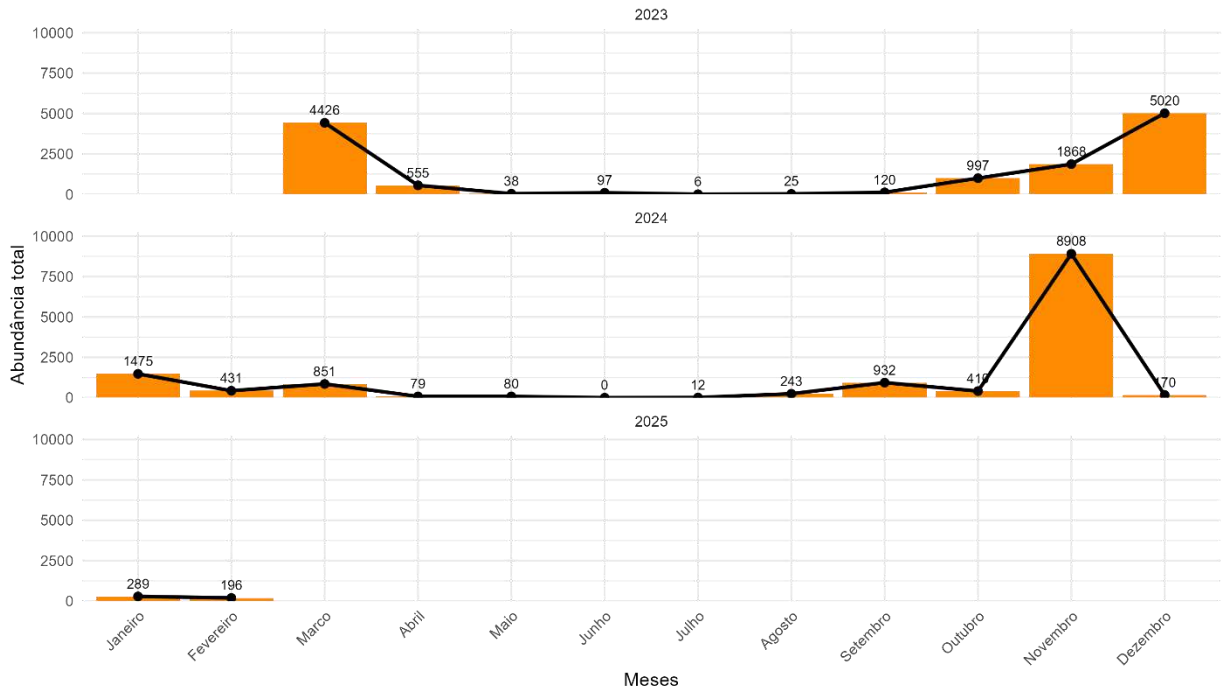
WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.** Springer, 2016.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; ELPHICK, C. S. **A protocol for data exploration to avoid common statistical problems.** *Methods in Ecology and Evolution*, v. 1, n. 1, p. 3 – 14, 2010.

ZUUR, A. F.; IENO, E. N.; WALKER, N.; SAVELIEV, A. A.; SMITH, G. M. **Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R.** Springer, 2009.

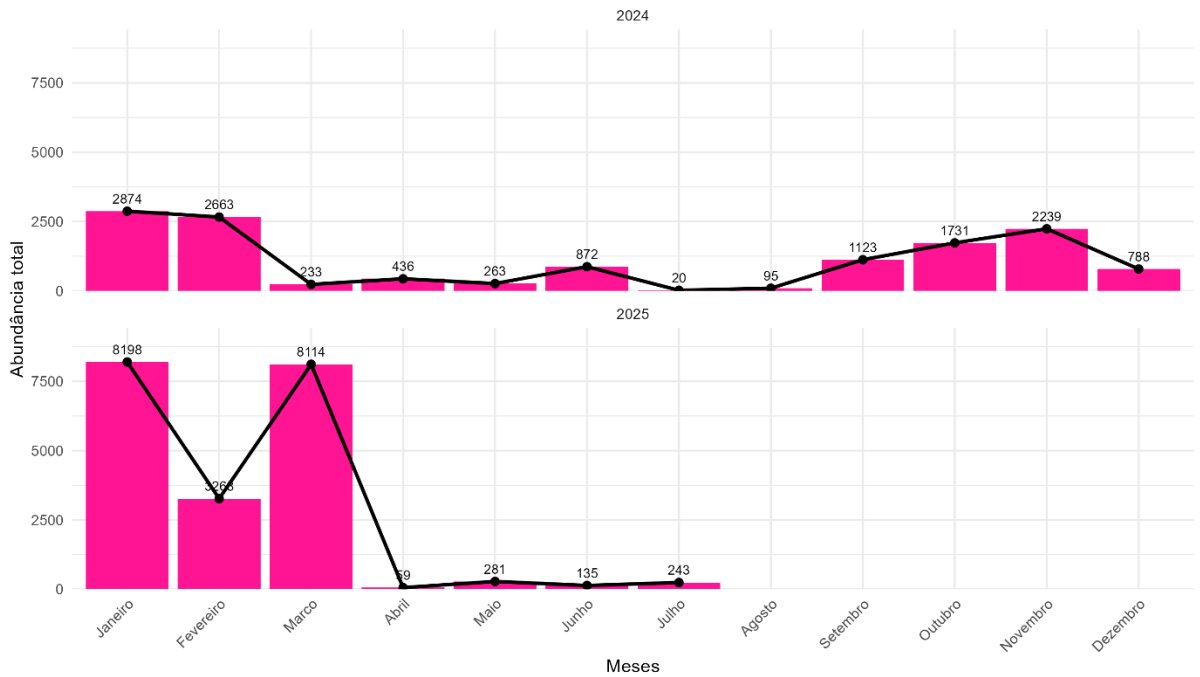
**APÊNDICE I - Abundância total de espécies por mês em cada área**

*Figura 6 - Abundância total mensal no Porto do Itaqui*



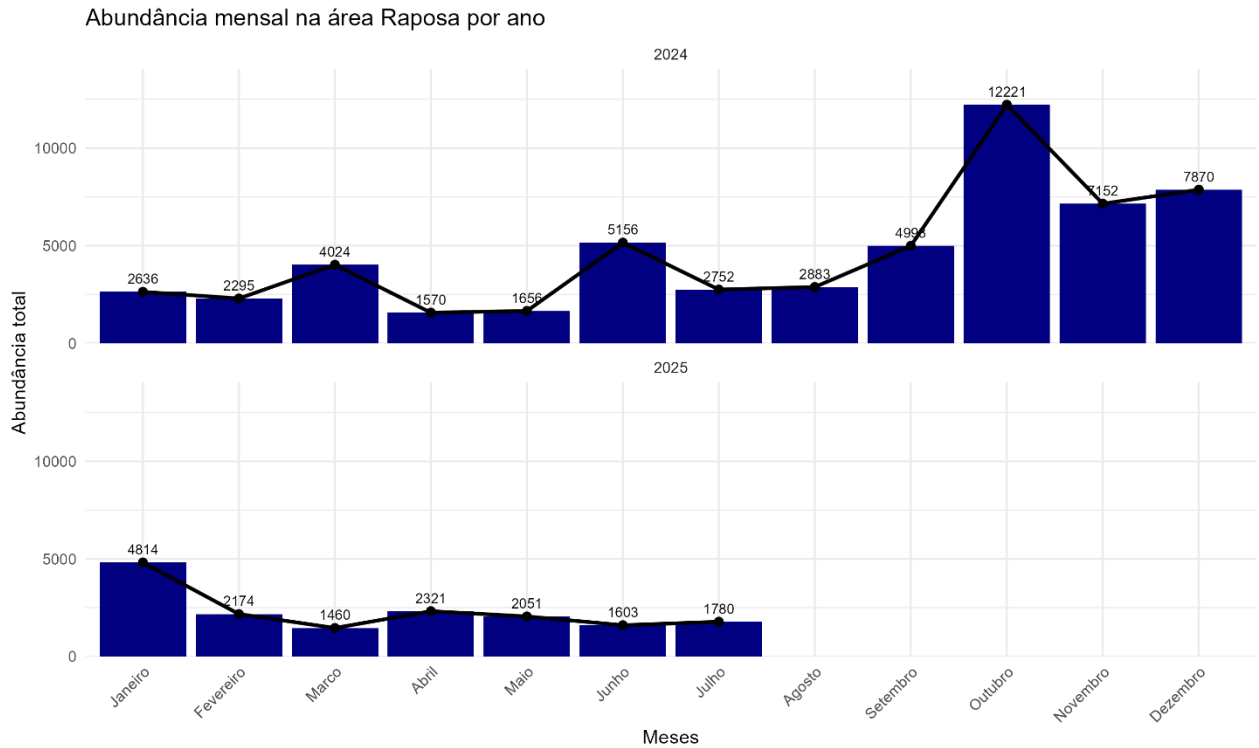
Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

*Figura 7 - Abundância total mensal no Cajueiro*



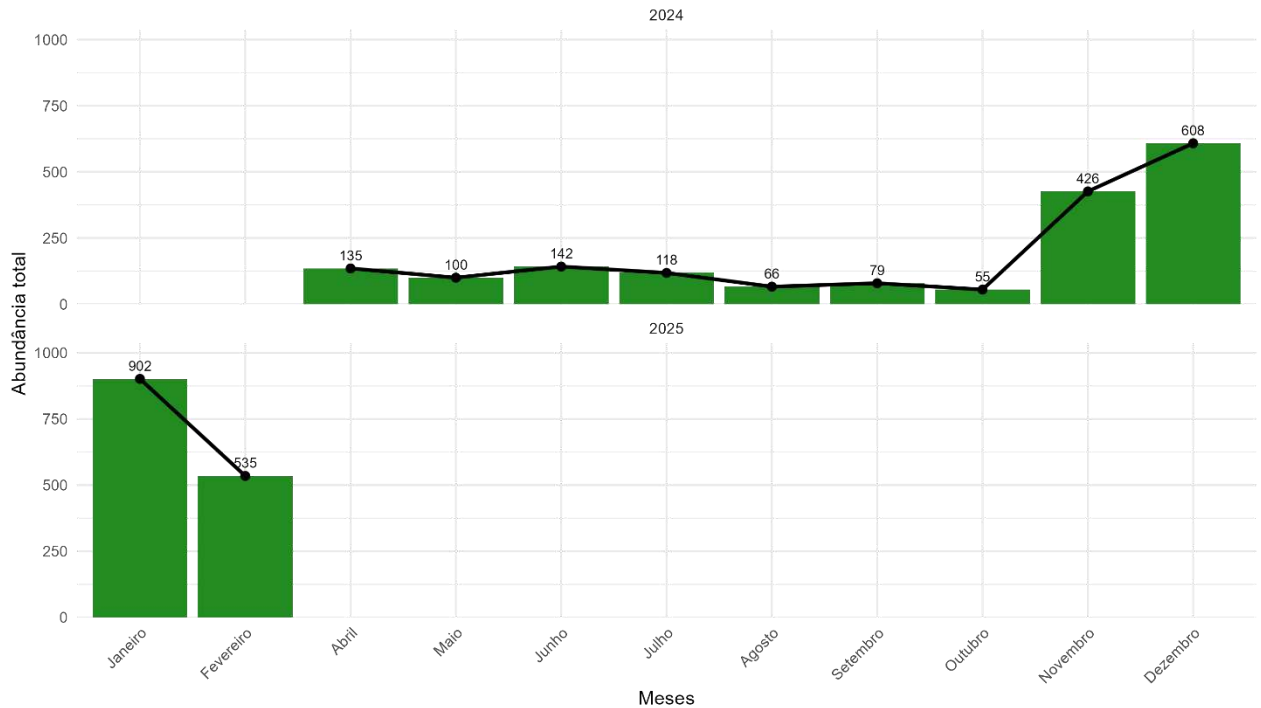
Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaqui - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 8 - Abundância total mensal na Raposa



Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 9 - Abundância total mensal no Ferry



Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

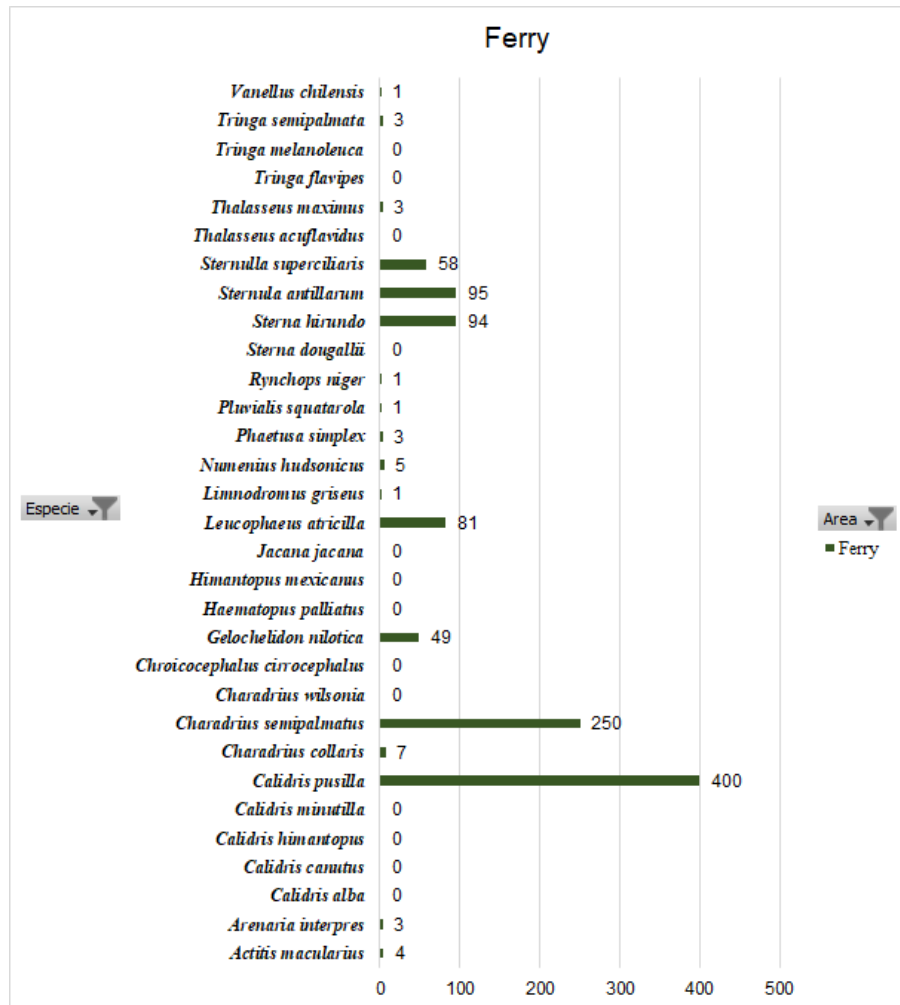
## APÊNDICE II - Abundância máxima de espécies por área

Figura 10- Abundância máxima de espécies no Porto do Itaquí



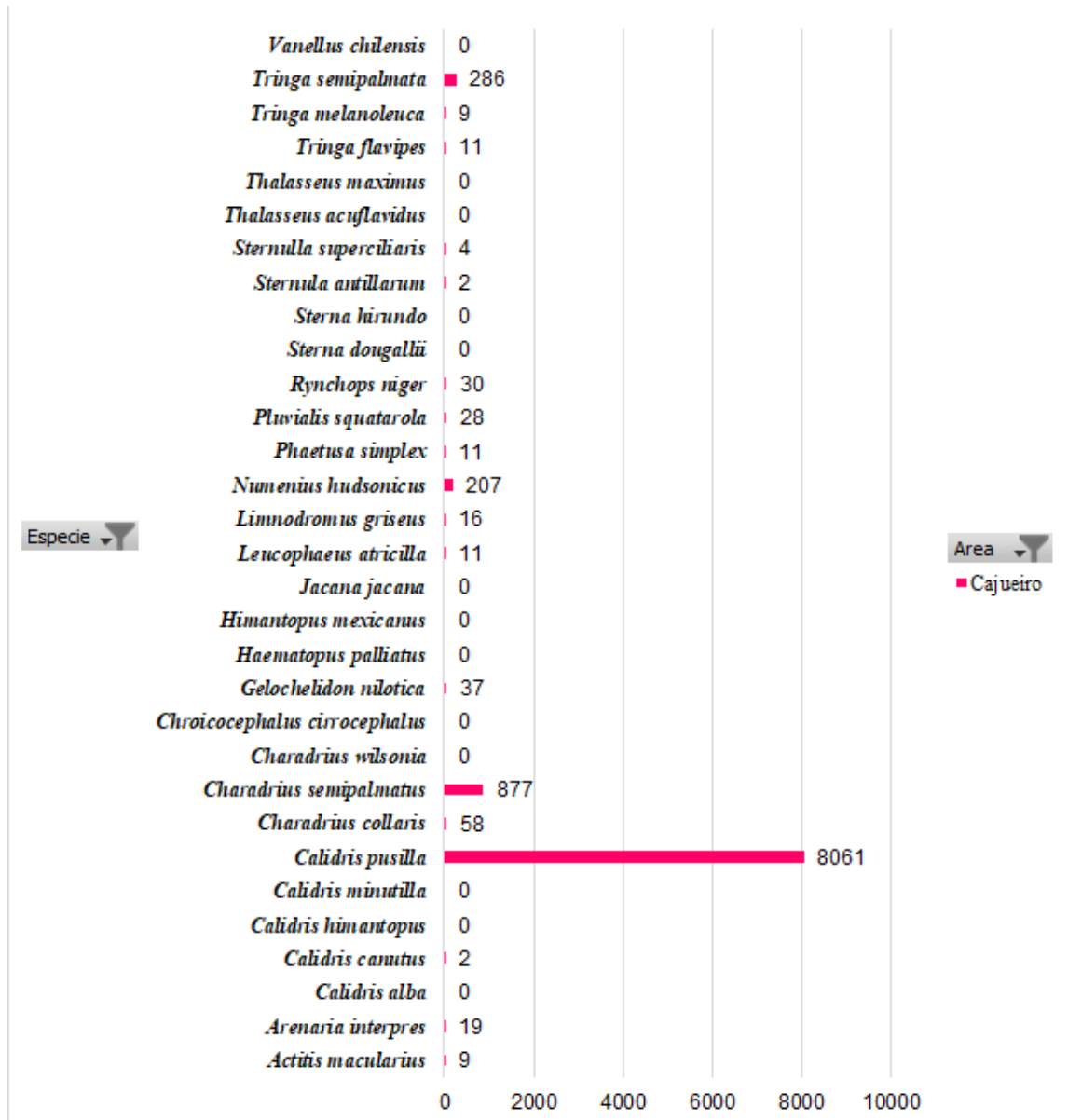
Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 11 - Abundância máxima de espécies no Ferry



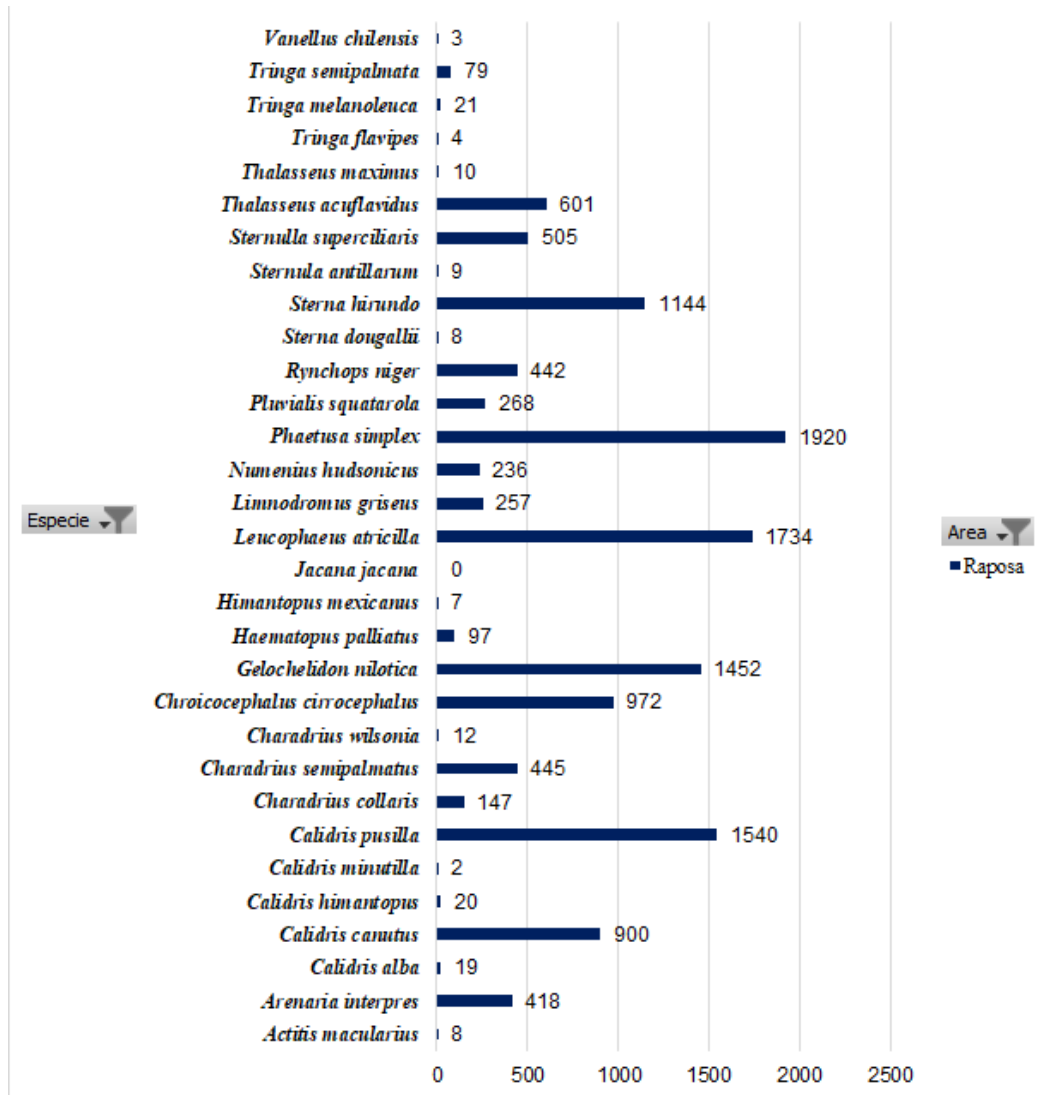
Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 12 - Abundância máxima no Cajueiro



Fonte: Dados do autor, resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).

Figura 13 - Abundância máxima na Raposa



Fonte: Dados do autor; resultado do monitoramento de avifauna costeira e marinha do Porto do Itaquí - Edital FAPEMA/EMAP n° 12/2022 (março de 2023 a julho de 2025).



*Emitido em 14/05/2026*

**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 761/2026**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

*(Assinado digitalmente em 14/05/2026 16:49)*

RONALD SILVA DIAS

CHEFE DA DIVISÃO

839738

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sis.sig.uema.br/documentos/> informando seu número:  
**761**, ano: **2026**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **14/05/2026** e o código de  
verificação: **3b34b346fe**

