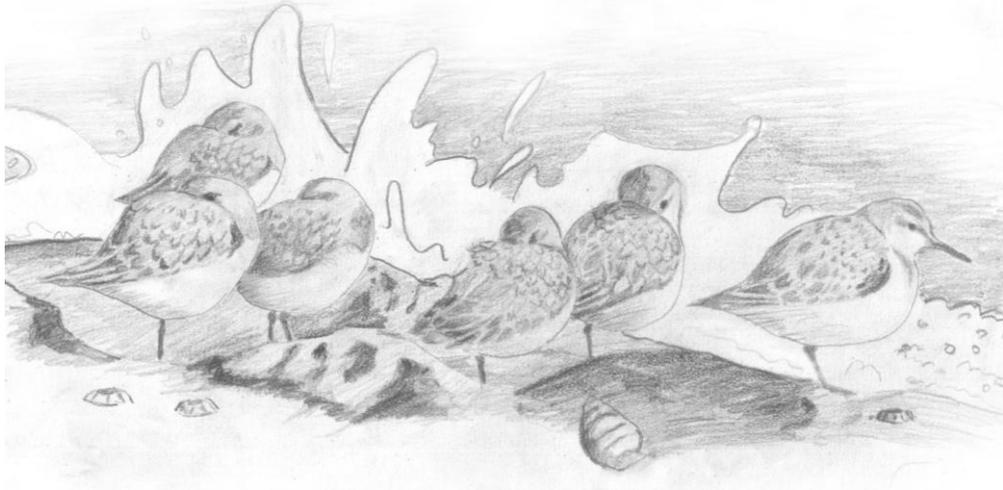


UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

DISTRIBUIÇÃO DE AVES LIMÍCOLAS MIGRATÓRIAS (CHARADRIIDAE E  
SCOLOPACIDAE) EM ESTUÁRIOS: PREFERÊNCIA DE HÁBITATS E ESTRUTURA  
DAS ASSEMBLÉIAS



TIAGO AUGUSTO LIMA CARDOSO

João Pessoa

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E CONSERVAÇÃO

TIAGO AUGUSTO LIMA CARDOSO

DISTRIBUIÇÃO DE AVES LIMÍCOLAS MIGRATÓRIAS (CHARADRIIDAE E  
SCOLOPACIDAE) EM ESTUÁRIOS: PREFERÊNCIA DE HÁBITATS E ESTRUTURA  
DAS ASSEMBLÉIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento aos requisitos necessários para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho

João Pessoa

2011

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

C268d      Cardoso, Tiago Augusto Lima.  
Distribuição de aves limícolas migratórias (*Charadriidae* e *Scolopacidae*) em estuários [manuscrito]: preferência de habitats e estrutura das assembléias. / Tiago Augusto Lima Cardoso. – 2011.  
59 f. : il.

Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2011.  
“Orientação: Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho, Departamento de Ciências Biológicas”.

1. Fauna Brasileira. 2. Aves. 3. Habitat. I. Título.

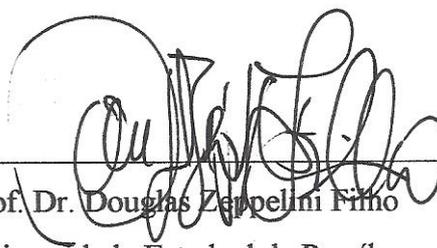
21. ed. CDD 598

TIAGO AUGUSTO LIMA CARDOSO

DISTRIBUIÇÃO DE AVES LIMÍCOLAS MIGRATÓRIAS (CHARADRIIDAE E  
SCOLOPACIDAE) EM ESTUÁRIOS: PREFERÊNCIA DE HÁBITATS E ESTRUTURA  
DAS ASSEMBLÉIAS

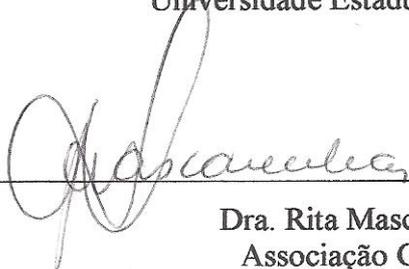
Aprovado em 26 de outubro de 2011

BANCA EXAMINADORA



---

Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho  
Universidade Estadual da Paraíba



---

Dra. Rita Mascarenhas  
Associação Guajiru



---

Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francini Filho  
Universidade Federal da Paraíba

Dedico à minha mãe,  
Raquel Maria de Lima, com todo o carinho.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Estadual da Paraíba pela oportunidade da realização do trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Centro Nacional de Pesquisa para Conservação das Aves Silvestres (CEMAVE - ICMBio) pela concessão das licenças para o desenvolvimento desta pesquisa, e pela permissão para consultar livros e artigos na biblioteca da instituição.

À Associação Guajiru e à organização Idea Wild pelo empréstimo e doação de equipamentos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Douglas Zeppelini Filho, por ter me concedido a oportunidade de realizar um sonho, pela maneira empolgada de orientar e pelas correções em todas as versões desta dissertação.

Ao meu amigo Théo Brasilino pela companhia durante as atividades de campo e pela disposição em me seguir, mesmo quando isto envolvia se atolar em lamaçais até a cintura.

Aos professores Dr. Elvio Sergio Figueredo Medeiros e Dr. Alan Loures Ribeiro pelos valiosos comentários em versões anteriores desta dissertação.

À minha mãe, Raquel Maria de Lima, por ter me sustentado financeiramente durante grande parte deste estudo, por compartilhar da minha admiração pela natureza e por demonstrar toda a felicidade quando realizo meus sonhos.

Ao meu pai, Jailson Marinho Cardoso, que, mesmo distante, sempre demonstrou especial interesse em meu trabalho.

Às minhas irmãs, Maria de Lourdes Sousa Silva, Maria Marcolina Lima Cardoso, Maria Leopoldina Lima Cardoso e Domitilla Una Lima Cardoso, ao meu cunhado, Daniel Alexandre da Silva Gomes, e ao meu querido sobrinho, Marcus Augusto Cardoso Onofre, por toda a

alegria que me proporcionam. Agradeço, especialmente, a Maria Marcolina Lima Cardoso, por ter me ensinado a estatística que utilizei neste estudo.

À minha namorada, Rossana da Silva Barros, pelo carinho e estímulo quando estamos juntos e pela compreensão e paciência quando estou distante.

Ao mar, aos rios, ao céu e às matas, obras de arte em movimento que encheram meus olhos de admiração a cada amanhecer e entardecer.

Às aves migrantes, fontes de grande inspiração.

Ao meu Pai celeste pela proteção e sustento, assim como o faz às aves do céu.

*“Não andeis ansiosos pela vossa vida, quanto ao que haveis de comer ou beber; nem pelo vosso corpo, quanto ao que haveis de vestir. Não é a vida mais do que o alimento, e o corpo mais do que as vestes?”*

*Observai as aves do céu: não semeiam, não colhem, nem ajuntam em celeiros; contudo vosso Pai celeste as sustenta.”*

Mateus 6: 25 e 26.

## RESUMO

Vários estudos relatam o uso de ambientes estuarinos por aves limícolas migrantes na América do Sul. No entanto, os padrões de distribuição destas espécies entre os habitats estuarinos têm sido pouco estudados. O presente estudo teve como objetivo investigar a distribuição de aves limícolas migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) e as diferenças na composição e estrutura das assembléias de diversos habitats nos estuários dos rios Mamanguape, Paraíba do Norte e Goiana, no litoral do estado da Paraíba, Brasil. Para tanto, foram selecionados nove locais para contagem das aves, sendo quatro em habitats de praia aberta (de frente para o oceano) e cinco em habitats interiores aos estuários (lamaçais intertidais, uma ilha fluvial e lagoas artificiais de carcinocultura). Em cada local foram realizados censos visuais com o auxílio de um binóculo e uma luneta. Análises estatísticas foram aplicadas para responder as seguintes questões: (i) ocorrem diferenças nas densidades das espécies entre os habitats? (ii) qual fator exerce maior influência sobre as variações nas densidades? (iii) de que forma os locais de contagem podem ser agrupados com base na estrutura e composição de espécies de suas assembléias de aves? Ao todo, foram realizadas 72 contagens entre os meses de setembro de 2010 e abril de 2011, durante as quais foram registradas 13 espécies de aves limícolas migratórias: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Limnodromus griseus*, *Numenius phaeopus*, *Actitis macularius*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa semipalmata*, *Tringa flavipes*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Calidris minutilla* e *Calidris fuscicollis*. A densidade das espécies variou significativamente entre os estuários e as categorias de habitats, mas não entre os meses de contagem. O fator que exerceu maior influência sobre as variações na densidade foi a categoria de habitat. As assembléias de aves que frequentaram as praias abertas foram nitidamente diferentes das assembléias dos habitats interiores, no que diz respeito à sua composição de espécies e o padrão de dominância. As espécies com maior importância na diferenciação entre as assembléias de praia e interior foram *C. alba*, *N. phaeopus*, *C. pusilla* e *C. semipalmatus*. Apesar de reconhecermos que fatores não mensurados neste estudo podem ter exercido influência sobre o padrão observado, nossos resultados sugerem que a preferência entre habitats de praia aberta e habitats interiores aos estuários pode estar influenciando a distribuição das espécies na paisagem.

Palavras-chave: Brasil, Charadriiformes, ecologia, habitat, Paraíba.

## ABSTRACT

Several studies report the use of estuarine environments by migrant shorebirds in South America. However, distribution patterns of these species among estuarine habitats have been little studied. Our study aimed to investigate the distribution of migratory shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) and the composition and structure of assemblages of several habitats in the estuaries of rivers Mamanguape, Paraíba do Norte and Goiana in the coast of Paraíba, Brazil. Nine sites were selected for counting birds, four in open beach habitats (in ocean front) and five in inner estuarine habitats (tidal flats, a fluvial island and artificial ponds in a shrimp farm). Visual surveys were carried out at each site with the aid of binoculars and a spotting scope. Statistical analyses were applied to answer the following questions: (i) did occur differences in species densities among habitats? (ii) which factor had greatest influence on variations in densities? (iii) how counting sites can be grouped based on structure and species composition of their assemblages of birds? 72 counts were carried out from September 2010 through April 2011, during which 13 species of migratory shorebirds were recorded: *Pluvialis squatarola*, *Charadrius semipalmatus*, *Limnodromus griseus*, *Numenius phaeopus*, *Actitis macularius*, *Tringa melanoleuca*, *Tringa semipalmata*, *Tringa flavipes*, *Arenaria interpres*, *Calidris alba*, *Calidris pusilla*, *Calidris minutilla* and *Calidris fuscicollis*. Density of species varied significantly among estuaries and categories of habitats, but not among months. The category of habitat was the factor that had greatest influence upon variations of densities. The assemblages of birds in open beaches were clearly different from the assemblages of inner habitats, with regard to their species composition and dominance pattern. The species with greatest importance on differentiation between assemblages of beaches and inner habitats were *C. alba*, *N. phaeopus*, *C. pusilla* and *C. semipalmatus*. Although we suppose that some factors not measured in this study may have exerted influence upon pattern observed, our results suggest that preferences between open beaches and inner habitats may be influencing distribution of species in estuarine landscape.

**Keywords:** Brazil, Charadriiformes, ecology, habitat, Paraíba.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Litoral do estado da Paraíba (à esquerda) e estuários estudados (à direita). Os asteriscos representam os locais onde foram realizadas as contagens das aves. (1) Fazenda de Camarão, (2) Coroa de Mamanguape, (3) Praia Barra de Mamanguape, (4) Lucena, (5) Cabedelo, (6) Ilha da Restinga, (7) Coroa Andorinha, (8) Coroa Estacada, (9) Acaú..... 20
- Figura 2.** Diagramas de ordenação da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação nas densidades de aves limícolas migratórias em três estuários paraibanos. (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*, (S) Setembro, (O) Outubro, (N) Novembro, (D) Dezembro, (J) Janeiro, (F) Fevereiro, (M) Março, (A) Abril, (▲) Categorias dos habitats; (□) Estuários; (●) Meses. As espécies com escores semelhantes foram agrupadas entre parêntesis para evitar sobreposição..... 26
- Figura 3.** Abundância de treze espécies de aves limícolas migratórias em nove habitats estuarinos no litoral da Paraíba, Brasil, entre setembro de 2010 e abril de 2011. (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*. Erro padrão  $\pm 1$ ..... 28
- Figura 4.** Análise da distribuição de aves limícolas migratórias entre nove habitats estuarinos no litoral da Paraíba, Brasil, de acordo com a aplicação de uma Análise de Correspondência a uma matriz habitat x espécie. (1) Fazenda de Camarão, (2) Coroa de Mamanguape, (3) Praia Barra de Mamanguape, (4) Lucena, (5) Cabedelo, (6) Ilha da Restinga, (7) Coroa Andorinha, (8) Coroa Estacada, (9) Acaú, (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*, (●) habitats, (○) espécies. As espécies com

escores semelhantes foram agrupadas entre parêntesis para evitar  
sobreposição..... 29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Locais de contagem de aves limícolas migratórias no litoral da Paraíba, Brasil, entre setembro de 2010 e abril de 2011.....	19
<b>Tabela 2.</b> Contagens acumuladas, contagem máxima, número de contagem em que a espécie esteve presente e abundâncias relativas de aves limícolas migratória em 72 contagens entre setembro de 2010 e abril de 2011 em estuários da Paraíba, Brasil.....	23
<b>Tabela 3.</b> Resultados do teste PERMANOVA para fatores que afetam a densidade de espécies de aves limícolas migratórias presentes na costa da Paraíba entre setembro de 2010 e abril de 2011. São fornecidos os valores- <i>F</i> e os níveis de significância (*** <i>p</i> < 0,0001; ** <i>p</i> < 0,001; * <i>p</i> < 0,05; n.s. = não significante).....	25
<b>Tabela 4.</b> Resultado da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação nas densidades de aves limícolas migratórias em três estuários paraibanos. São mostrados apenas os escores e centróides para as variáveis que demonstraram maior correlação com os eixos.....	27
<b>Tabela 5.</b> Escores das espécies de aves limícolas migratórias nos eixos da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação em suas densidades em três estuários paraibanos.....	27

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1 As aves limícolas e suas migrações no Novo Mundo.....	15
2.2 Uso dos habitats estuarinos por aves limícolas migratórias.....	16
3 OBJETIVOS.....	18
3.1 Objetivo geral.....	18
3.2 Objetivos específicos.....	18
4 METODOLOGIA.....	19
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Coleta de dados.....	20
4.3 Análises estatísticas.....	21
4.3.1 Ocorrem diferenças nas densidades das espécies entre os habitats?.....	21
4.3.2 Qual fator exerce maior influência sobre as variações nas densidades?.....	21
4.3.3 De que forma os locais de contagem podem ser agrupados com base na estrutura e composição de espécies de suas assembléias de aves?.....	22
5 RESULTADOS.....	23
5.1 Variações temporais e espaciais na densidade.....	24
5.2 Assembléias de aves limícolas nos diferentes habitats.....	24
6 DISCUSSÃO.....	30
7 CONCLUSÕES.....	35
8 REFERÊNCIAS.....	36
Anexo.....	45

## 1 INTRODUÇÃO

Os estuários são ecossistemas costeiros que ocorrem nas zonas de encontro entre os rios e o oceano. Estes ecossistemas abrangem áreas sujeitas à influência das marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995) e são compostos por ambientes aquáticos, terrestres e intertidais, os quais abrigam uma fauna típica e abundante.

As áreas estuarinas desempenham importante papel no ciclo de vida de grande número de aves limícolas migratórias da ordem Charadriiformes (ERWIN, 1996; WARNOCK et al., 2001). Estas aves utilizam os estuários como locais de alimentação e descanso durante suas migrações (BURGER et al., 1997; NEWTON, 2007), chegando a aglomerar-se em bandos conspícuos de centenas ou até milhares de indivíduos (WARNOCK et al., 2001).

Os complexos estuarinos apresentam uma variedade de habitats naturais que são explorados por estas aves, como lamaçais intertidais (popularmente chamados de coroas), pântanos, marismas, lagoas costeiras, praias fluviais, praias oceânicas e recifes rochosos adjacentes (SYMONDS et al., 1984; NEUMAN et al., 2008). Além disso, nestas áreas podem ser encontrados diversos ambientes artificiais e semi-naturais que também são exploradas pelas aves, como lagoas para aquicultura e salinas (VELASQUEZ; HOCKEY, 1992; LARRAZÁBAL et al., 2002; AZEVEDO-JÚNIOR et al., 2004; DIAS, 2009; YASUÉ; DEARDEN, 2009).

Estudos realizados na América do Norte, Europa, África e Ásia investigaram as diferenças na composição de espécies das assembléias que utilizam distintos habitats em complexos estuarinos (e.g. VAN DIJK et al., 1990; VELASQUEZ; HOCKEY, 1992; BURGER et al., 1997; MÚRIAS et al., 1997; MASERO 2003; FONSECA et al., 2004; YASUÉ; DEARDEN, 2009).

Na América do Sul, vários estudos relatam o uso de ambientes estuarinos por aves limícolas migrantes, tanto na costa pacífica (e.g. MORRISON; MYERS, 1987; VELÁSQUEZ; NAVARRO, 1993; NARANJO; MAUNA, 1996; PULIDO et al., 1996; NARANJO et al., 2006; ANDRES et al., 2009) quanto na costa atlântica (e.g. ANTAS, 1984; MORRISON; ROSS 1989; AZEVEDO-JÚNIOR; LARRAZÁBAL, 1994; NASCIMENTO; LARRAZÁBAL, 2000; RODRIGUES, 2000; LARRAZÁBAL et al., 2002; TELINO-JÚNIOR et al., 2003; ARAÚJO et al., 2006; BLANCO et al., 2006; CABRAL et al., 2006a, b; DE LUCA et al., 2006; ALFARO; CLARA, 2007; BARBIERI, 2007; RODRIGUES, 2007; BARBIERI; PAES, 2008; BOTTO et al., 2008; RODRIGUES et al., 2009; BARBIERI; HVENEGAARD, 2008; LUNARDI, 2010; NASCIMENTO, 2010). No entanto, os padrões de

distribuição destas aves em escala intra-estuarina ainda são pouco conhecidos ao longo de toda a costa sul-americana, apesar da grande importância deste tipo de informação para a conservação das espécies.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar a distribuição de aves limícolas migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) e as diferenças na composição e estrutura das assembleias que frequentam praias, lamaçais intertidais e lagoas artificiais em três complexos estuarinos do nordeste brasileiro. Com este objetivo procuramos responder às seguintes questões:

1. Ocorrem diferenças nas densidades das espécies entre os habitats? A resposta a esta pergunta fornece um indício da ocorrência de preferências de habitats entre as aves.

2. Qual fator exerce maior influência sobre as variações nas densidades? Nesta pergunta incluímos três fatores: o estuário, o mês de contagem e a categoria do habitat (se é praia aberta ou interior ao estuário; ver a metodologia para maiores detalhes).

3. De que forma os locais de contagem podem ser agrupados com base na estrutura e composição de espécies de suas assembleias de aves?

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 As aves limícolas e suas migrações no Novo Mundo

O termo limícola em ornitologia refere-se às aves aquáticas pertencentes à ordem Charadriiformes características de margens de corpos de água, alagados e zonas intertidais (STRAUBE, 1999). Dependendo da fonte taxonômica, estas aves se dividem em uma dúzia de famílias, sendo que duas delas englobam 71% das espécies, as famílias Charadriidae e Scolopacidae, conhecidas respectivamente como batuíras e maçaricos (WARNOCK et al., 2001).

A maioria das espécies de aves limícolas realiza migrações sazonais de longa distância (WARNOCK et al., 2001), chegando a percorrer milhares de quilômetros entre suas áreas de reprodução, no Ártico e Subártico, e suas áreas de invernada, nas regiões temperadas e tropicais (BERTHOLD, 2001; NEWTON, 2007).

No Brasil, ocorrem 41 espécies de aves limícolas migratórias (CBRO, 2011). Destas, 33 espécies se reproduzem no hemisfério norte (neárticas) e migram para a América do Sul durante o inverno boreal, enquanto oito se reproduzem no hemisfério sul (neotropicais) e migram para o norte durante o inverno austral. Dentre as migrantes neárticas, as aves das famílias Charadriidae e Scolopacidae encontram-se entre as espécies que realizam as maiores migrações. Algumas destas aves migram do extremo norte do Canadá para invernar no extremo sul da Argentina e Chile (e.g. *Calidris canutus rufa*; LINCOLN, 1935; MORRISON; MYERS, 1987; PIERSMA, 2007).

Todos os anos, após reproduzirem no hemisfério norte entre os meses de maio e julho, as aves neárticas migram em bandos em direção ao sul, ao longo de corredores migratórios bem conhecidos (LINCOLN, 1935; ANTAS, 1984; MORRISON, 1984; MORRISON; MYERS, 1987; MYERS et al., 1990; WARNOCK et al., 2001; BOERE; STROUD, 2006), chegando à América do Sul em meados de agosto (ANTAS, 1984). As espécies (e diferentes populações de uma mesma espécie) variam em suas distribuições ao longo do continente sul americano (PIERSMA, 2007), algumas atingindo seus principais sítios de invernada na costa norte do continente, enquanto outras continuam a migração para atingir seus principais sítios de invernada mais ao sul (MORRISON; MYERS, 1987; MORRISON; ROSS, 1989). Estas aves permanecem nos trópicos até meados de abril e maio quando realizam suas migrações de retorno aos sítios reprodutivos no hemisfério norte (ANTAS, 1984).

No Brasil, encontram-se dois dos maiores sítios de invernada de aves limícolas da América do Sul, as Reentrâncias Maranhenses, na costa centro-norte do país, e a Lagoa do Peixe, na costa sul (MORRISON; MYERS, 1987; MORRISON; ROSS, 1989; RODRIGUES, 2000; NASCIMENTO, 2010), os quais são reconhecidos como áreas de importância internacional para a conservação da biodiversidade global pela Convenção de Ramsar sobre áreas úmidas e incluídos, respectivamente, como áreas de importância hemisférica e internacional para a conservação de aves limícolas na Rede Hemisférica de Reservas para Aves Limícolas (*Western Hemisphere Shorebird Reserve Network – WHSRN*; <http://www.whsrn.org>; <http://www.ramsar.org>; DE LUCA, et al., 2006). Nestes locais, milhares de aves se reúnem todos os anos durante o período de invernada. No entanto, estas aves podem ser encontradas, em bandos menos expressivos, em áreas úmidas por todo o Brasil, especialmente nas zonas litorâneas, onde elas frequentam uma ampla variedade de habitats, desde recifes rochosos e manguezais, a baías protegidas e lagunas costeiras, muitos deles compondo complexos estuarinos (ANTAS, 1984; MORRISON; ROSS, 1989; VOOREN; CHIARADIA, 1990; TUBELIS; TOMAS, 2003; NUNES; TOMAS, 2004, 2008; MORRISON et al., 2008; DE LUCA et al., 2006; PIERSMA, 2007).

## **2.2 Uso dos habitats estuarinos por aves limícolas migratórias**

Nos complexos estuarinos, as aves limícolas frequentam paisagens abertas (PIERSMA, 2007; LUNARDI, 2010) sem vegetação ou com vegetação baixa, raramente aventurando-se poucos metros para dentro das florestas de mangue. Sua distribuição entre os habitats é fortemente influenciada pela abundância e disponibilidade de suas presas (COLWELL; LANDRUM, 1993; PIERSMA et al., 1995; RIBEIRO et al., 2004; VAN GILS et al., 2006; FOLMER et al., 2010; BRINDOCK; COLWELL, 2009).

A maior parte da dieta das aves limícolas consiste de invertebrados aquáticos, como anelídeos (Polychaeta e Oligochaeta), crustáceos e moluscos, mas também podem se alimentar de insetos, pequenos anfíbios, peixes, sementes, frutas e até carniça (RUFINO et al., 1984; VELÁSQUEZ; NAVARRO, 1993; PIERSMA, 1996a, b; TURPIE; HOCKEY, 1997; TELINO-JÚNIOR, 1999; WARNOCK et al., 2001; RIBEIRO et al., 2004; ALMEIDA, 2010; ROSE; NOL, 2010). As batuínas e maçaricos obtêm suas presas de duas maneiras típicas: localizando-as visualmente, e arrancando-as da coluna d'água, do chão, ou outras superfícies, comportamento mais comum entre as batuínas (HAYMAN et al., 1986; PIERSMA, 1996a); ou realizando sondagens em substratos moles (do inglês: *probing*; refere-se ao

comportamento de introduzir parte do bico na lama repetidas vezes até localizar as presas enterradas, utilizando o tato), mais comum entre os maçaricos (HAYMAN et al., 1986; PIERSMA, 1996b; WARNOCK et al., 2001; LUNARDI, 2010).

As zonas intertidais dos estuários são caracterizadas por uma alta densidade e disponibilidade de invertebrados aquáticos, os quais são explorados intensamente pelas aves, a fim de atenderem suas demandas energéticas (WARNOCK et al., 2001). No entanto, estas áreas ficam expostas apenas parte do dia, sendo inundadas durante as marés altas, o que torna o alimento periodicamente indisponível (BURGER et al., 1977; WARNOCK et al., 2001; RIBEIRO et al., 2004; ROGERS et al., 2006b). Por este motivo as aves também utilizam áreas supratidais, como as partes altas das praias, bancos de areia remanescente, pântanos, salinas e pastos, para descansar, forragear ou realizar a manutenção das penas durante a maré alta (BURGER et al., 1977, 1997; GERSTENBERG, 1979; BURGER, 1984; WARNOCK; TAKEKAWA, 1995; BLANCO, 1998; WARNOCK et al., 2001; LUNARDI, 2010). O padrão de movimentação entre as áreas intertidais e supratidais ao longo do ciclo de marés varia bastante entre as espécies (CONNORS et al., 1981; BURGER, 1984)

A escolha da área usada durante as marés altas está intimamente relacionada à sua distância das principais áreas de alimentação. As aves tendem a se agregarem em bandos multiespecíficos nas áreas mais próximas aos locais de alimentação (SYMONDS et al., 1984; DRAKE et al., 2001; WARNOCK et al., 2001; DIAS et al., 2006; ROGERS et al., 2006a, b; VAN GILS et al., 2006). No entanto, esta escolha pode ser influenciada também por um senso de “risco de predação” que em alguns casos pode levar as aves a escolherem áreas mais distantes (ROGERS et al., 2006b; PIERSMA et al., 2006; YASUÉ, 2006; BRINDOCK; COLWELL, 2009). Como resultado, as aves deslocam-se diariamente entre os diversos habitats dos complexos estuarinos em resposta às variações no nível da maré (CONNORS et al., 1981; BURGER, 1984).

Além dos deslocamentos entre os habitats, estas aves também realizam deslocamentos dentro de um mesmo habitat, principalmente nos locais de alimentação, em busca das áreas que oferecem maior rentabilidade, no que diz respeito às relações de investimento e ganho energético, e menor risco de predação (CONNORS et al., 1981; ZHARIKOV et al., 2009; LUNARDI, 2010). Estes deslocamentos também são governados pelas variações no nível da maré, à medida que áreas da comunidade bentônica com diferentes características (composição de espécies, densidade e disponibilidade de presas, quantidade de água no substrato, etc.) são expostas ou inundadas pela água (BURGER et al., 1977; CONNORS et al., 1981; GRANADEIRO, et al., 2006).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Investigar a distribuição de aves limícolas migratórias (Charadriidae e Scolopacidae) e as diferenças na composição e estrutura das assembléias que frequentam praias, lamaçais intertidais e lagoas artificiais em três complexos estuarinos do nordeste brasileiro.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Verificar a ocorrência de diferenças nas densidades de espécies de aves limícolas migratórias entre estuários, meses de contagem e tipos de habitats (praias e interiores);
- Agrupar os locais de contagem com base em semelhanças na composição de espécies e na estrutura de suas assembléias de aves.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em três complexos estuarinos: os estuários do rio Mamanguape, do rio Paraíba do Norte e do rio Goiana. Todos estão situados no litoral do estado da Paraíba, nordeste do Brasil. A costa paraibana caracteriza-se por um regime de marés semidiurnas, cujas amplitudes variaram entre 0,0 e 2,8 m durante o período de estudo (<http://www.mar.mil.br>).

Foram selecionados nove locais para contagem de aves com base em um estudo prévio dos pontos de concentração dos bandos (Anexo). Sendo quatro em área de praia aberta (de frente para o mar) e cinco em áreas internas aos estuários: coroas, lamaçais em uma ilha fluvial e lagoas em uma fazenda de camarão (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Locais de contagem de aves limícolas migratórias no litoral da Paraíba, Brasil, entre setembro de 2010 e abril de 2011.

Local	Descrição do hábitat	Categoria do hábitat	Maré de estudo	Comprimento (m)
Fazenda de camarão	Margens de lagoas artificiais e lagoas artificiais secas.	interior	alta	1308
Coroa de Mamanguape	Lamaçal intertidal à margem do rio, margeado por uma estreita praia arenosa.	interior	baixa	444
Praia Barra de Mamanguape	Praia arenosa com vegetação de restinga rasteira e arbustiva na zona supralitoral.	praia	alta	665
Lucena	Praia arenosa com vegetação de restinga rasteira e arbustiva e formação de dunas na zona supralitoral.	praia	alta	1013
Cabedelo	Praia arenosa com vegetação de restinga rasteira e arbustiva na zona supralitoral.	praia	alta	838
Ilha da Restinga	Dois lamaçais localizados em clareiras margeadas por manguezais, restingas arbóreas e pastagens. Inundáveis apenas nas grandes marés e períodos chuvosos. E uma praia arenosa com vegetação de restinga margeada por floresta de manguezal. Cada local distando aproximadamente 500 m um do outro.	interior	alta	1277
Coroa Andorinha	Lamaçal intertidal à margem do rio, circundado por floresta de manguezal.	interior	baixa	263
Coroa Estacada	Lamaçal intertidal à margem de uma ilha fluvial, circundado por floresta de manguezal	interior	baixa	662
Acaú	Praia arenosa com vegetação de restinga rasteira e arbustiva na zona supralitoral.	praia	alta	540

## 4.2 Coleta de dados

A coleta de dados teve duração de oito meses, de setembro de 2010 a abril de 2011, foram realizados censos mensais em cada localidade.

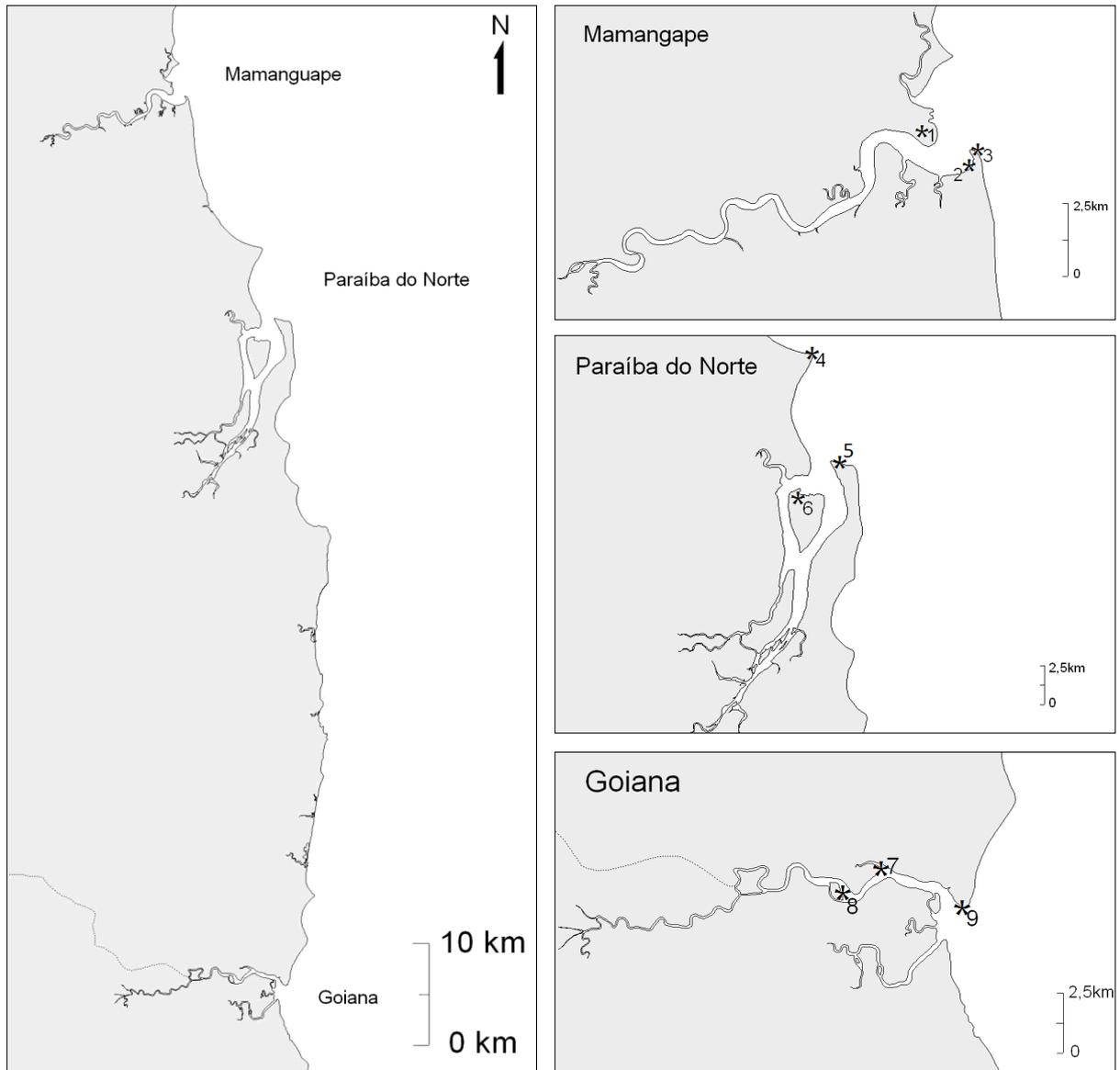


Figura 1. Litoral do estado da Paraíba (à esquerda) e estuários estudados (à direita). Os asteriscos representam os locais onde foram realizadas as contagens das aves. (1) Fazenda de Camarão, (2) Coroa de Mamanguape, (3) Praia Barra de Mamanguape, (4) Lucena, (5) Cabedelo, (6) Ilha da Restinga, (7) Coroa Andorinha, (8) Coroa Estacada, (9) Acaú.

Os censos foram realizados por contagem direta, segundo a metodologia descrita por Bibby et al. (1992). Um observador contava todas as aves visíveis a partir de caminhos pré-estabelecidos em cada local. Ao encontrar um bando de aves o observador contava-o várias vezes seguidas e registrava o valor intermediário como uma maneira de garantir maior

confiabilidade às contagens. As contagens foram realizadas com o auxílio de um binóculo (10x50 mm) e de uma luneta (20-60x60 mm). Cada censo teve duração aproximada de uma hora. As espécies foram identificadas de acordo com Hayman et al. (1986) e Sigrist (2009).

Os censos nas áreas de praia, na fazenda de camarão e na Ilha da Restinga foram realizados no intervalo de  $\pm 2$  horas da preamar, enquanto os censos em coroas intertidais foram desenvolvidos no intervalo de  $\pm 2$  horas da baixa-mar (Tabela 1), porque estes locais só estavam expostos durante as marés baixas.

### 4.3 Análises estatísticas

O comprimento do caminho percorrido em cada local (Tabela 1) foi usado para calcular as densidades lineares de cada espécie. As densidades foram usadas nas análises estatísticas para reduzir o efeito do tamanho do hábitat sobre a abundância das aves. Como nenhum dos habitats estudados era mais largo que algumas dezenas de metros (média: 114,05 m  $\pm$  73.06) assumimos a densidade linear como um bom substituto para a densidade real. As análises estatísticas foram aplicadas com o objetivo de responder as três questões propostas.

#### 4.3.1 *Ocorrem diferenças nas densidades das espécies entre os habitats?*

Como os dados coletados não apresentaram distribuição normal, foi aplicado o teste não-paramétrico PERMANOVA (*Permutational Multivariate Analysis of Variance*) com 999 permutações para examinar se a densidade das espécies variou significativamente entre os estuários, entre os meses de estudo e entre as duas categorias de habitats.

#### 4.3.2 *Qual fator exerce maior influência sobre as variações nas densidades?*

Uma Análise de Correspondência Canônica (*Canonical Correspondence Analysis* – CCA) foi aplicada com o fim de verificar quais dos fatores (estuário, mês de contagem ou categoria de habitat) exerceram maior influência sobre a variação nas densidades das espécies. Devido à forte assimetria na distribuição, os dados foram transformados à raiz quadrada (TER BRAAK, 1986). Uma unidade foi somada a cada observação para atender às exigências da análise (nenhuma observação deveria ser composta somente de zeros). Após a CCA, foi aplicado um teste de permutação com 10.000 interações para inferir a significância das relações em cada eixo.

Com o objetivo de verificar se as variações nas densidades das espécies sofreram influência da diferença no tamanho dos estuários, uma variável referente à área dos complexos estuarinos foi incluída na CCA, assumindo-se uma relação direta entre a área total do estuário e quantidade de área disponível para o uso por aves limícolas migratórias. As áreas foram estimadas no programa GEPATH 1.4.4 a partir de polígonos gerados no programa Google Earth 5.2.1.1588. Os polígonos foram desenhados sobre as imagens ao longo das margens dos estuários em situação de maré alta, seguindo a linha da água sem avançar sobre as florestas de manguezais.

#### 4.3.3 *De que forma os locais de contagem podem ser agrupados com base na estrutura e composição de espécies de suas assembléias de aves?*

Uma Análise de Correspondência (*Correspondence Analysis – CA*) foi aplicada para verificar a ocorrência de afinidades entre os habitats com respeito à composição de espécies de suas assembléias. A matriz de 9 habitats x 13 espécies, utilizada para a análise, foi construída com a média das densidades de cada espécie em cada habitat.

Todas as análises foram realizadas no programa R 2.12.2 (The R Foundation for Statistical Computing; <http://www.R-project.org>), as análises multivariadas foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico Vegan 1.17-8 (OKSANEN et al., 2011).

## 5 RESULTADOS

Foram realizadas 72 contagens, durante as quais foram registradas 13 espécies de aves limícolas migratórias (Tabela 2). Considerando todo o conjunto de dados, a espécie mais abundante foi *Calidris pusilla*, seguida por *Charadrius semipalmatus*, *Pluvialis squatarola*, *Numenius phaeopus*, *Calidris alba* e *Arenaria interpres*. Estas seis espécies representaram juntas 92,68% das aves contadas.

Tabela 2. Contagens acumuladas, contagem máxima, número de contagem em que a espécie esteve presente e abundâncias relativas de aves limícolas migratórias em 72 contagens entre setembro de 2010 e abril de 2011 em estuários da Paraíba, Brasil.

Espécie*	Contagens acumuladas	Contagem Máxima	Número de contagens presente	Abundâncias relativas de indivíduos na área total e categorias de hábitat		
				Área total	Praias	Interiores
<i>Calidris pusilla</i>	2016	571	31	29,18	5,50	43,15
<i>Charadrius semipalmatus</i>	1996	239	50	28,89	59,27	10,98
<i>Pluvialis squatarola</i>	748	101	28	10,83	3,43	15,19
<i>Numenius phaeopus</i>	650	106	17	9,41	0,00	14,96
<i>Calidris alba</i>	536	94	22	7,76	20,91	0,00
<i>Arenaria interpres</i>	456	89	31	6,60	10,85	4,10
<i>Tringa melanoleuca</i>	186	49	7	2,69	0,00	4,28
<i>Actitis macularius</i>	132	19	28	1,91	0,04	3,01
<i>Limnodromus griseus</i>	84	56	3	1,22	0,00	1,93
<i>Tringa flavipes</i>	70	28	6	1,01	0,00	1,61
<i>Tringa semipalmata</i>	20	12	6	0,29	0,00	0,46
<i>Calidris fuscicollis</i>	11	11	1	0,16	0,00	0,25
<i>Calidris minutilla</i>	3	3	1	0,04	0,00	0,07
Total	6908	-	-	100,00	100,00	100,00

\*As espécies estão ordenadas de acordo com os valores decrescentes das contagens acumuladas.

Considerando as duas categorias de hábitat separadamente, a espécie mais abundante nos habitats de praia aberta foi *C. semipalmatus*, seguida por *C. alba* e *A. interpres*, enquanto que nos habitats interiores aos estuários a espécie mais abundante foi *C. pusilla*, seguida por *P. squatarola* e *N. phaeopus* (Tabela 2).

A espécie que esteve presente em maior quantidade de contagens foi *C. semipalmatus* (Tabela 2), seguida por *C. pusilla*, *A. interpres*, *P. squatarola* e *Actitis macularius*.

## 5.1 Variações temporais e espaciais na densidade

As variações nas densidades entre os meses de contagem não foram estatisticamente significativas para nenhuma das espécies ( $p > 0,05$ ; Tabela 3). Oito espécies tiveram suas densidades influenciadas pela variável categoria de habitat (Tabela 3), enquanto que apenas duas espécies tiveram suas densidades variando entre os estuários (*A. interpres* e *C. alba*; Tabela 3) e três tiveram suas densidades afetada pela interação entre categoria de habitat e estuário (*C. semipalmatus*, *A. interpres* e *C. alba*; Tabela 3).

Os três primeiros eixos da CCA foram responsáveis por 91,19% da variação total nas densidades das espécies. As duas categorias de habitats propostas (praias e interiores) mostram-se opostas ao longo do primeiro eixo da CCA (Figura 2 e Tabela 4), esta oposição foi marcada, por um lado, pela presença da espécie *C. alba* e maior densidade da espécie *C. semipalmatus* nas praias, e por outro, pela presença da espécie *N. phaeopus* e maior densidades da espécies *C. pusilla* nos habitats interiores aos estuários (Tabela 5). O estuário do rio Mamanguape apresentou-se oposto aos demais estuários ao longo do segundo eixo, sendo caracterizado pela maior importância da espécie *A. interpres*. A área do estuário teve correlação com o segundo e o terceiro eixo da CCA, no entanto, demonstrou maior influência sobre o terceiro eixo, ao longo do qual os estuários se distribuíram do menor ao maior (Goiana: 571,8 ha < Mamanguape: 1052,7 ha < Paraíba do Norte: 2826,6 ha). A espécie que apresentou maior correlação positiva com a área do estuário foi *C. semipalmatus*, enquanto que a espécie com maior correlação negativa foi *A. macularius*. Os centróides relativos aos meses de contagem concentram-se próximo ao centro do gráfico, sugerindo pouca influência desta variável sobre as variações nas densidades das espécies. De acordo com o teste de permutação as relações reveladas na análise são altamente significantes ( $F = 3,9584$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0,001$ ). No entanto, quando consideramos cada eixo separadamente, apenas os três primeiros eixos revelaram relações significativas (Tabela 4).

## 5.2 Assembléias de aves limícolas nos diferentes habitats

As assembléias de aves apresentaram diferenças entre os habitats estudados no que diz respeito à composição de espécies e à abundância relativa das mesmas (Figura 4). Os habitats internos aos estuários apresentaram maior número de espécies (riqueza:  $S = 12$ ; equitabilidade:  $J' = 0,6981$ ) que os habitats de praia aberta ( $S = 6$ ;  $J' = 0,6455$ ).



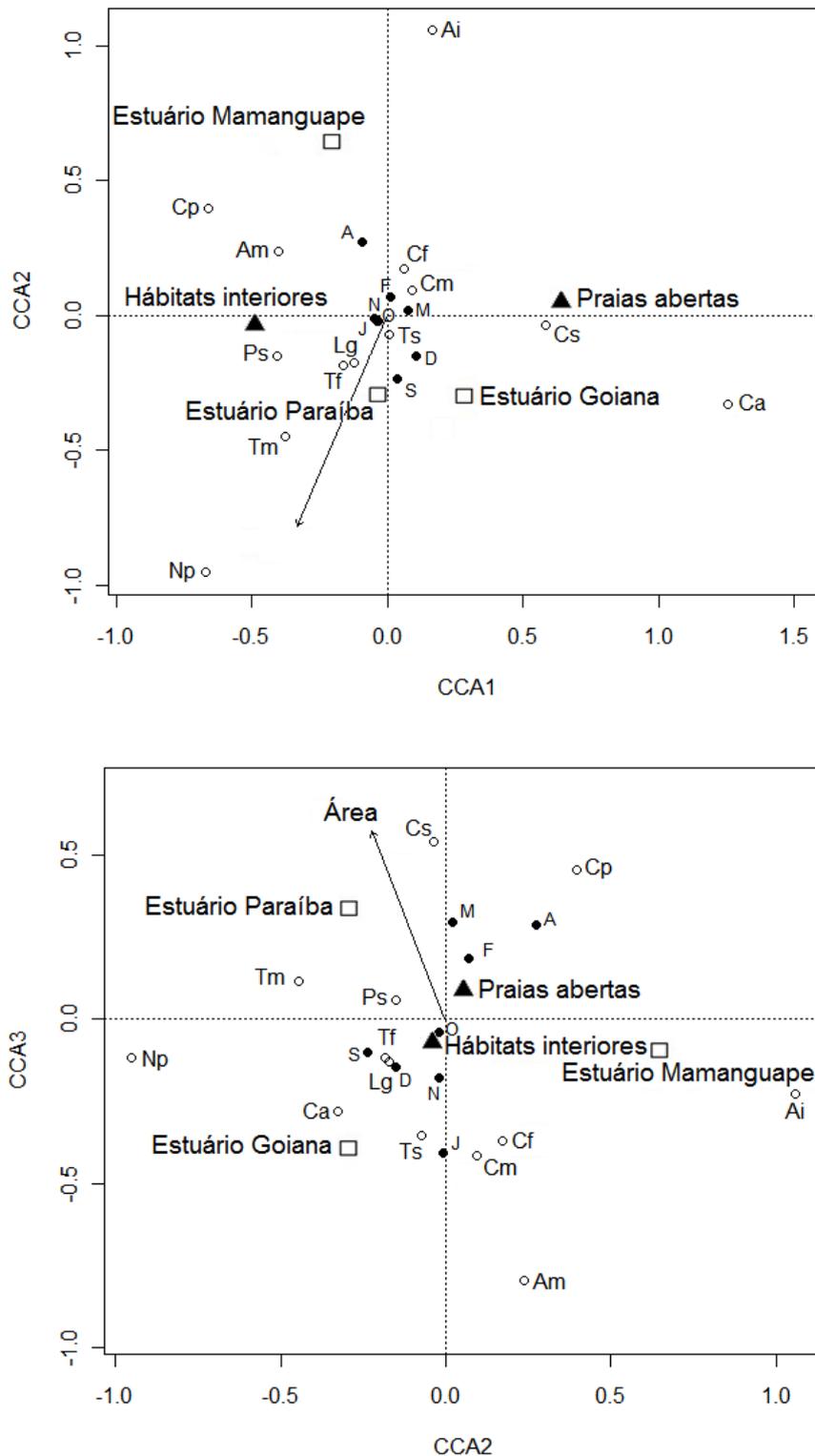


Figura 2. Diagramas de ordenação da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação nas densidades de aves limícolas migratórias em três estuários paraibanos. (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*, (S) Setembro, (O) Outubro, (N) Novembro, (D) Dezembro, (J) Janeiro, (F) Fevereiro, (M) Março, (A) Abril, (▲) Categorias dos habitats; (□) Estuários; (●) Meses. As espécies com escores semelhantes foram agrupadas entre parêntesis para evitar sobreposição.

Tabela 4. Resultado da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação nas densidades de aves limícolas migratórias em três estuários paraibanos. São mostrados apenas os escores e centróides para as variáveis que demonstraram maior correlação com os eixos.

	Eixos da CCA		
	1	2	3
Autovalor	0,1162	0,04975	0,02345
Proporção na explicação	0,5595	0,23953	0,11291
Proporção acumulada	0,5595	0,79900	0,91191
Escore "biplots" para variáveis restritivas			
Área do estuário	-0,128101	-0,30049	0,77075
Habitats praia aberta	0,959151	0,09583	0,20404
Estuário do rio Paraíba do Norte	-0,046766	-0,51695	0,71856
Centróides para restrição de fatores			
Estuário do rio Mamanguape	-0,34929	1,36489	-0,2389
Estuário do rio Paraíba do Norte	-0,05944	-0,62029	0,8644
Estuário do rio Goiana	0,48209	-0,62333	-1,0083
Habitats interiores aos estuários	-0,83685	-0,08393	-0,1762
Habitats de praia aberta	1,09898	0,11022	0,2314
Teste de permutação			
F (df; p-valor)	22,1460 (1; 0,001)	9,4815 (1; 0,001)	4,4694 (1; 0,01)

Tabela 5. Escores das espécies de aves limícolas migratórias nos eixos da Análise de Correspondência Canônica para fatores que influenciam a variação em suas densidades em três estuários paraibanos.

Espécie	Eixos da CCA		
	1	2	3
<i>Pluvialis squatarola</i>	-0,23737	-0,07062	0,02333
<i>Charadrius semipalmatus</i>	0,341355	-0,01794	0,21217
<i>Limnodromus griséus</i>	-0,07287	-0,08195	-0,05098
<i>Numenius phaeopus</i>	-0,39183	-0,45015	-0,04558
<i>Actitis macularius</i>	-0,23514	0,11267	-0,31141
<i>Tringa melanoleuca</i>	-0,21955	-0,21136	0,04472
<i>Tringa semipalmata</i>	0,003527	-0,03391	-0,13876
<i>Tringa flavipes</i>	-0,09425	-0,08755	-0,04528
<i>Arenaria interpres</i>	0,095499	0,49915	-0,08893
<i>Calidris alba</i>	0,733163	-0,15528	-0,10906
<i>Calidris pusilla</i>	-0,38733	0,18811	0,17802
<i>Calidris minutilla</i>	0,052838	0,04434	-0,16327
<i>Calidris fuscicollis</i>	0,034165	0,08139	-0,14490

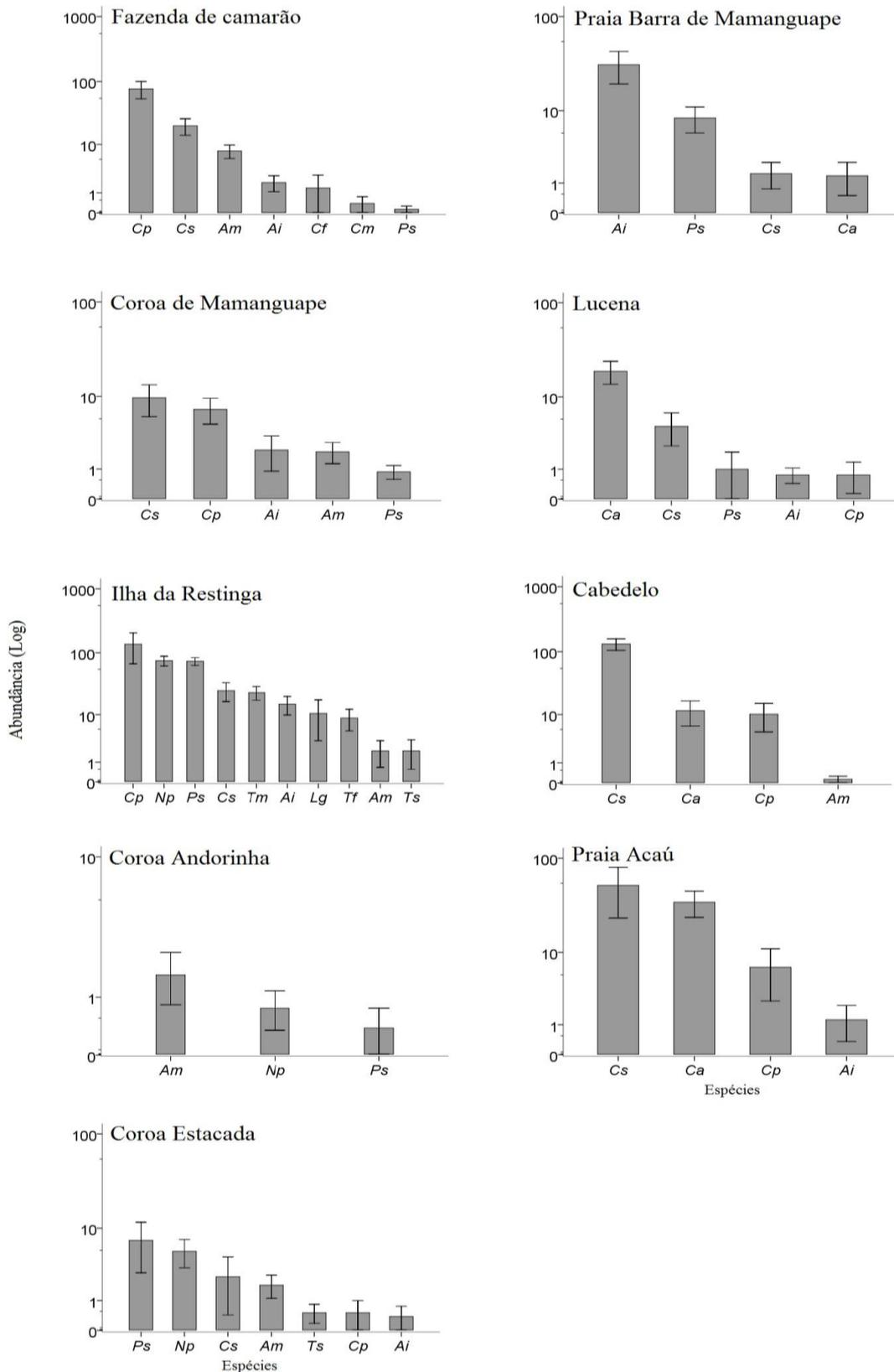


Figura 3. Abundância de treze espécies de aves limícolas migratórias em nove habitats estuarinos no litoral da Paraíba, Brasil, entre setembro de 2010 e abril de 2011. (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*. Erro padrão  $\pm 1$ .

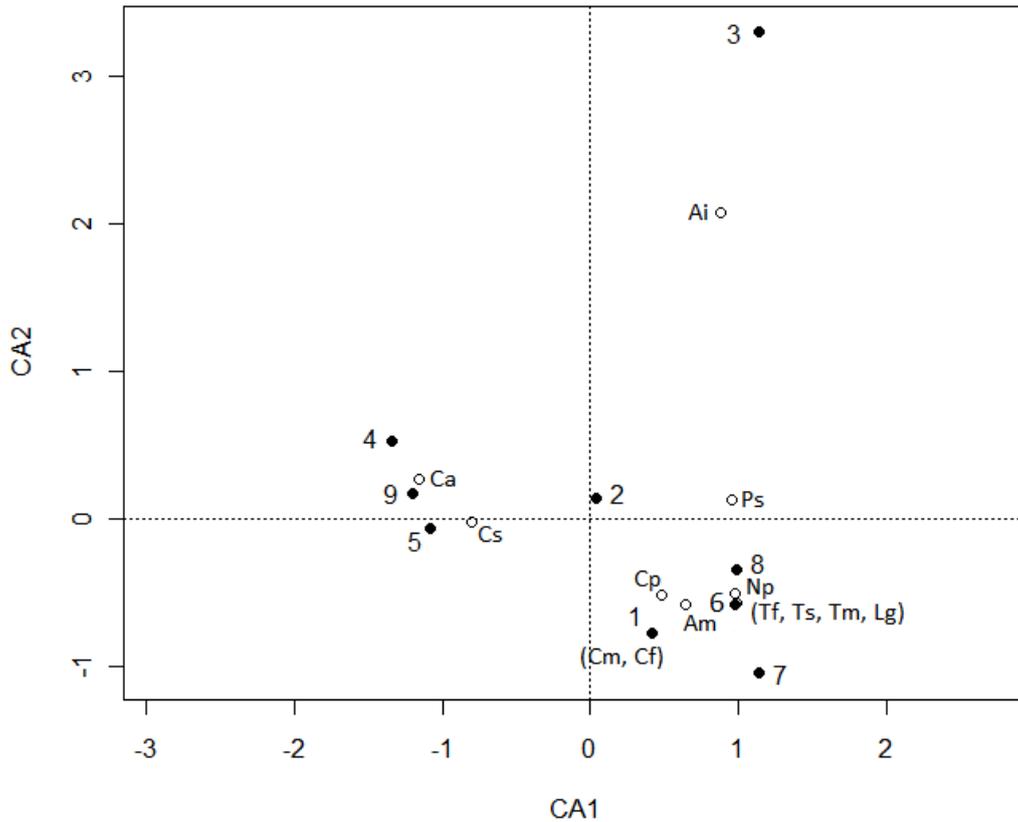


Figura 4. Análise da distribuição de aves limícolas migratórias entre nove habitats estuarinos no litoral da Paraíba, Brasil, de acordo com a aplicação de uma Análise de Correspondência a uma matriz hábitat x espécie. (1) Fazenda de Camarão, (2) Coroa de Mamanguape, (3) Praia Barra de Mamanguape, (4) Lucena, (5) Cabedelo, (6) Ilha da Restinga, (7) Coroa Andorinha, (8) Coroa Estacada, (9) Acaú, (Ps) *Pluvialis squatarola*, (Cs) *Charadrius semipalmatus*, (Lg) *Limnodromus griseus*, (Np) *Numenius phaeopus*, (Am) *Actitis macularius*, (Tm) *Tringa melanoleuca*, (Ts) *Tringa semipalmata*, (Tf) *Tringa flavipes*, (Ai) *Arenaria interpres*, (Ca) *Calidris alba*, (Cp) *Calidris pusilla*, (Cm) *Calidris minutilla*, (Cf) *Calidris fuscicollis*, (●) habitats, (○) espécies. As espécies com escores semelhantes foram agrupadas entre parêntesis para evitar sobreposição.

## 6 DISCUSSÃO

O padrão de distribuição de aves limícolas em ambientes costeiros pode ser influenciado por uma gama de variáveis, por exemplo: a distribuição e disponibilidade de suas presas (COLWELL; LANDRUM, 1993; PIERSMA et al., 1995; RIBEIRO et al., 2004; VAN GILS et al., 2006; BRINDOCK; COLWELL, 2009; FOLMER et al., 2010), a distância entre as áreas de forrageio e descanso (SYMONDS et al., 1984; DRAKE et al., 2001; DIAS et al., 2006; ROGERS et al., 2006a, b; VAN GILS et al., 2006), o risco de predação (ROGERS et al., 2006b; PIERSMA, et al., 2006; YASUÉ, 2006; BRINDOCK; COLWELL, 2009; ZHARIKOV et al., 2009; DEKKER et al., 2011), a ocorrência de perturbações antrópicas (MITCHELL et al., 1988; SMIT; VISSER, 1993; BURGER et al. 2007; BOTTO et al., 2008; MÄDER, 2010; TARR et al., 2010), o período do dia (MOURITSEN, 1994; ROGERS et al., 2006b), o nível da maré (BURGER, 1984; BURGER et al., 1977; CONNORS et al., 1981; WARNOCK et al., 2001; RIBEIRO et al., 2004; ROGERS et al., 2006b; DIAS, 2009), as características físicas do ambiente (RECHER, 1966; COLWELL; LANDRUM, 1993; ROGERS, et al. 2006b; KOBER; BAIRLEIN, 2009) e as diversas interações entre indivíduos e espécies (RECHER, 1966; BURGER et al., 1977; BURGER et al. 2007; BOTTO et al., 2008). Estes fatores influenciam de diferentes maneiras a escolha de habitats em cada espécie (BURGER, 1984), o que, por sua vez, determina as diferenças entre as assembléias formadas.

O presente trabalho não investigou os fatores subjacentes responsáveis pelas variações nas densidades das espécies de aves entre os habitats estudados, porém, nossos resultados sugerem que a preferência entre habitats de praia aberta e habitats interiores aos estuários influenciou a distribuição das espécies na paisagem. Placyk e Harrington (2004) também encontraram diferentes preferências entre as espécies com relação a habitats de praia aberta e interiores na costa nordeste dos Estados Unidos. Estes autores atribuem estas preferências às diferenças na distribuição de presas, às diferenças na rentabilidade entre os locais de estudo (gerada pela variedade de tipos de substrato) e à diversidade na ecologia alimentar das espécies (especialistas x generalistas). Discutimos abaixo algumas variáveis que provavelmente influenciaram a distribuição de cada espécie estudada, além de possíveis limitações em nossa metodologia.

Nossos resultados indicam que a espécie *C. alba* apresenta uma forte preferência por habitats de praia aberta. A associação desta espécie às praias abertas é observada em várias partes do mundo (RECHER, 1966; BURGER et al., 1977; GERSTENBERG, 1979; CHAPMAN, 1984; HAYMAN et al., 1986; MORRISON; MYERS, 1987; KIRBY, 1990;

CLARK et al., 1993; BLANCO et al., 2006; PAYNE, 2010). No entanto, alguns autores relatam o uso de outros tipos de habitats por esta espécie (HAYMAN et al., 1986; BURGER et al., 1997; PLACYK; HARRINGTON, 2004; BLANCO et al., 2006; BARBIERI, 2007; LUNARDI, 2010; PAYNE, 2010).

Diversos estudos relatam a preferência de *C. alba* por habitats com substrato arenoso (GERSTENBERG, 1979; HAYMAN et al., 1986; RECHER, 1966; KIRBY, 1990; SUMMERS et al., 2002; GRANADEIRO et al., 2004). Em nosso estudo, todas as praias apresentavam substrato arenoso, o que sugere que esta característica pode ter influenciado a distribuição observada. Todavia, duas localidades interiores aos estuários, a Ilha da Restinga e a Coroa de Mamanguape, também incluíam áreas com substrato arenoso, nas quais esta espécie não foi observada. Desta maneira, a escolha de habitats por *C. alba* nos estuários estudados pode ter sido influenciada por outras variáveis além do tipo de substrato.

A maior densidade da espécie *C. pusilla* nos ambientes interiores aos estuários contribuiu para a diferenciação entre as assembléias de praias e habitats interiores. No entanto, esta distribuição pode representar uma preferência de habitats expressa apenas durante o período diurno. Azevedo-Júnior et al. (2001) analisando dados de captura de indivíduos desta espécie na ilha da Coroa do Avião (praia aberta), Pernambuco, relata uma alta taxa de captura durante os períodos noturnos em contra-posição a uma baixa abundância em censos diurnos relatados por Azevedo-Júnior e Larrazábal (1994). Estes autores sugerem que *C. pusilla* utiliza a ilha apenas durante a noite, e durante o dia utiliza outras áreas do canal de Santa Cruz para descanso e forrageio. Com o objetivo de testar se esta hipótese pode ser aplicada aos estuários da costa paraibana, realizamos tentativas de capturas noturnas durante nosso período de estudo, no entanto, das quatro tentativas (uma na praia Barra de Mamanguape, duas na praia Cabedelo e uma na Ilha da Restinga) apenas uma foi bem sucedida, a da Ilha da Restinga, o que nos impediu de realizar comparações.

Segundo Hayman et al. (1986), a espécie *N. phaeopus* é frequente em diversos tipos de habitats durante o período não-reprodutivo, incluindo recifes expostos, praias arenosas e rochosas, bem como estuários. No presente estudo, o motivo para esta espécie exibir preferência por habitats interiores aos estuários não está claro, todavia sugere-se que a distribuição de suas presas preferenciais, os caranguejos “chama-marés” (*Uca spp.*; HAYMAN et al., 1986; TURPIE; HOCKEY, 1997), está entre os fatores que influenciaram a escolha de habitats, isto porque estas aves foram encontradas somente nos locais de ocorrência destes caranguejos.

Na área estudada por Placyk e Harrington (2004), a espécie *C. semipalmatus* apresentou preferência oposta à observada em nosso estudo. Esta diferença pode ter sido causada por divergências em uma ou mais das variáveis citadas no primeiro parágrafo desta discussão. Rose e Nol (2010) e Burger et al. (1977), estudando a distribuição de *C. semipalmatus* em estuários do leste dos Estados Unidos, relataram que o uso dos diversos habitats estuarinos por esta espécie é influenciado pelo nível da maré. Segundo Rose e Nol (2010), durante as marés altas, todos os indivíduos se concentravam nas praias, mas poucos a utilizavam para forragear. À medida que a maré baixava, estes indivíduos se moviam para os pântanos salinos e os lamaçais intertidais para se alimentarem. Em nosso estudo, as contagens nas praias foram feitas apenas nas marés altas, durante as quais a maior parte das aves encontrava-se descansando (obs. pessoal). Se as aves no litoral paraibano apresentam comportamento semelhante ao descrito por Rose e Nol (2010) é possível que o número de indivíduos que relatamos para as coroas tenha sido subestimado, pois, por razões logísticas, alguns lamaçais que podem ser utilizados por esta espécie durante as marés baixas não foram incluídos neste estudo. Por sua vez, as diferenças apresentadas entre as assembléias das praias e dos habitats interiores aos estuários podem ser menos acentuadas.

*A. interpres* foi responsável pela diferenciação da assembléia que frequentou a praia Barra de Mamanguape. Esta praia apresenta como característica distintiva a sua proximidade com um recife rochoso ( $\pm 300$  m) que é exposto durante as marés baixas e torna disponível uma vasta área para o forrageio desta espécie (obs. pessoal). A frequente ocorrência de *A. interpres* em habitats com substrato rochoso, pedregoso ou sedimentos grosseiros (SYMONDS et al., 1984; HAYMAN et al., 1986; COLWELL; LANDRUM, 1993; SUMMERS et al., 2002; WARNOCK et al., 2001; LUNARDI, 2010) e observações pessoais quanto comportamento dos indivíduos (a maioria dos indivíduos na praia encontravam-se descansando, enquanto vários indivíduos foram observados forrageando no recife durante as marés baixas) sugerem que a praia Barra de Mamanguape trata-se de uma área de descanso durante as marés altas para as aves que se alimentam no recife rochoso.

Assim como em nossa área de estudo, pesquisas desenvolvidas em outras áreas da costa atlântica da América do Sul relatam poucos indivíduos da espécie *A. macularius* utilizando praias oceânicas (AZEVEDO-JÚNIOR et al., 2001; TELINO-JÚNIOR et al., 2003; BLANCO et al., 2006; RODRIGUES, 2007; BARBIERI; HVENEGAARD, 2008). Hayman et al. (1986), Sigrist (2009) e Harrington (2007) descrevem uma variedade de habitats frequentados por *A. macularius*, tanto em áreas costeiras, quanto no interior do continente. Porém, alguns autores relatam uma íntima associação desta espécie aos manguezais (WILLIS,

1994; KOBER, 2004; LUNARDI, 2010). Em nossa área de estudo, as florestas de mangue ocorrem principalmente em áreas internas aos estuários, fato que pode ter exercido influência sobre a distribuição destas aves.

A ocorrência de *P. squatarola* é relatada para vários habitats estuarinos, assim como foi observado em nossa área de estudo (AZEVEDO-JÚNIOR et al., 2004; BLANCO et al., 2006; BARBIERI, 2007; BRANCO, 2007; ALMEIDA; BARBIERI, 2008; BARBIERI; PAES, 2008; BARBIERI; HVENEGAARD, 2008). A ausência desta espécie nas praias Cabedelo e Acaú pode ser explicada pelo alto nível de perturbações antrópicas nestas praias. Segundo Smit e Visser (1993), *P. squatarola* tende a levantar vôo quando aproximado por uma pessoa andando a uma distância de 50 a 150 metros. Durante as marés altas, as praias Cabedelo e Acaú atingem uma largura de menos de 100 metros e o trânsito de pessoas, animais e veículos é intenso. Por outro lado, apesar de as praias Mamanguape e Lucena também serem estreitas, ambas apresentaram poucas atividades humanas durante os períodos de censo, permitindo o seu uso por esta espécie. Tarr e colaboradores (2010), em um estudo desenvolvido em praias oceânicas da América do Norte, relatam que a abundância desta espécie é reduzida significativamente em locais com constante passagem de veículos.

A espécie *T. melanoleuca* ocorreu apenas na Ilha da Restinga e apresentou uma associação significativa com os ambientes interiores aos estuários, entretanto, deve-se ter cautela na interpretação deste resultado, pois a abundância desta espécie na área de estudo foi muito baixa. Segundo Hayman et al. (1986) e Sigrist (2009) esta espécie frequenta uma variedade de habitats costeiros desde praias arenosas e zonas rochosas a lamaçais intertidais e pântanos salinos. Por outro lado, *L. griseus*, *T. semipalmata*, *T. flavipes*, *C. minutilla* e *C. fuscicollis* não apresentaram preferência significativa entre as duas categorias de habitats possivelmente devido às suas baixas frequências de ocorrência na área de estudo.

De maneira geral, os habitats interiores abrigaram um maior número de espécies que os habitats de praia. Apesar de algumas praias estudadas localizarem-se em ambientes pouco perturbados, ainda assim elas foram visualmente mais visitadas por pessoas do que os lamaçais entre marés. É possível que as espécies de médio e grande porte como *N. phaeopus*, *P. squatarola*, *T. semipalmata* e *T. melanoleuca* estejam evitando utilizar praias, pois estas aves apresentam menor tolerância à aproximação humana que espécies de pequeno porte como *C. alba*, *C. semipalmatus* e *A. interpres* (BLUMSTEIN et al. 2005). Além disso, os ambientes adjacentes as praias estudadas apresentam-se alterados pela urbanização e talvez com maior nível de fotopoluição e ruídos quando comparados aos lamaçais entre marés (que são

circundados principalmente por florestas de manguezais), fato que pode estar forçando espécies sensíveis a abandonar as praias.

Vários autores relatam um forte efeito do tamanho da área estudada sobre a abundância de indivíduos e a riqueza de espécies (ARRHENIUS, 1921; GLEASON, 1922, 1925; PRESTON, 1960; NILSSON et al., 1988; RICKLEFS; LOVETTE, 1999; SCHEINER, 2003; CRAIG, 2008). Nossos resultados sugerem que parte da variação nas densidades das espécies entre os estuários pode ser atribuída às diferenças na extensão de área dos mesmos.

Outra possível explicação para as diferenças significativas nas densidades das espécies entre os estuários é o fato de algumas áreas de descanso e forrageio não terem sido incluídas nas análises. Por exemplo, em novembro de 2010, noventa e seis indivíduos da espécie *A. interpres* foram observados empoleirando-se sobre cabos e estacas de um curral de peixes próximo à praia Acaú durante a maré alta, porém não foram incluídos nas análises por não estarem utilizando o hábitat investigado.

Por fim, a possibilidade de os padrões de distribuição observados em nossa área de estudo ocorrerem entre as populações migrantes em outras áreas depende de uma série de variáveis. Dado que as características geomorfológicas exibem uma ampla variação entre estuários por todo o mundo, não é de surpreender que a escolha de hábitats varie entre as regiões. Desta forma, futuros estudos sobre preferência de hábitats e características de assembléias nos estuários paraibanos devem incluir medidas das diversas variáveis ambientais envolvidas.

Os estuários no litoral paraibano formam um mosaico de praias, lamaçais, ilhas fluviais, recifes e ambientes artificiais que são importantes para a alimentação e descanso de centenas de aves limícolas durante suas migrações. Estas aves deslocam-se diariamente entre os diversos hábitats estuarinos. Estudos detalhados sobre a importância de cada hábitat na ecologia destas espécies são primordiais para a compreensão de processos que ocorrem ao nível da paisagem e também para a formulação de planos de conservação eficazes.

## 7 CONCLUSÕES

As análises dos dados permitem estabelecer as seguintes conclusões:

1. Na costa paraibana as densidades das espécies de aves limícolas migratórias variaram entre os locais de contagem, sugerindo a ocorrência de preferência de hábitat entre as espécies estudadas.
2. Entre os fatores considerados, o fator que exerceu maior influência sobre as variações nas densidades foi a categoria do hábitat, o que sugere que a preferência entre hábitat de praia aberta ou interior ao estuário influencia fortemente a distribuição das espécies em escala intra-estuarina.
3. As assembléias de aves limícolas migratórias no litoral paraibano podem ser agrupadas em dois grandes grupos, as assembléias de praia aberta e as assembléias de hábitats interiores aos estuários. No entanto, quando o hábitat exibe características distintas (e.g. a proximidade de recifes rochosos na praia Barra de Mamanguape), a assembléia de aves pode se diferenciar no que diz respeito à estrutura de dominância entre as espécies.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALFARO, M.; CLARA, M. Assemblage of shorebirds and seabirds on Rocha Lagoon sandbar, Uruguay. **Ornitologia Neotropical**, n. 18, p. 421–432, 2007.
- ALMEIDA, B. J. M. **As aves limícolas migratórias nas praias de Aracajú: avaliação da influência antrópica e contribuição para ações de desenvolvimento costeiro**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010.
- ALMEIDA, B. J. M.; BARBIERI, E. Biodiversidade das aves do manguezal da 13 de julho em Aracajú, Sergipe. **O Mundo da Saúde**, v. 32, n. 3, p. 317-328, 2008.
- ANDRES, B. A.; JOHNSON, J. A.; VALENZUELA, J.; MORRISON R. I. G.; ESPINOSA, L. A.; ROSS, R. K. Estimating eastern pacific coast populations of Whimbrels and Hudsonian Godwits, with an emphasis on Chiloé Island, Chile. **Waterbirds**, v. 32, n. 2, p. 216-224, 2009.
- ANTAS, P. T. Z. Migration of nearctic shorebirds (charadriidae and scolopacidae) in Brasil - flyways and their different seasonal use. **Wader Study Group Bulletin**, v. 39, p. 52-56, 1984.
- ARAÚJO, H. F. P.; RODRIGUES, R. C.; NISHIDA, A. K. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 3, 249-259, 2006.
- ARRHENIUS, O. Species and Area. **Journal of Ecology**, v. 9, n. 1, p. 95-99, 1921.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Censo de aves limícolas na Coroa do Avião, Pernambuco, Brasil, informações de 1991 a 1992. **Revista Nordestina de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 263-277, 1994.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; DIAS, M. M.; LARRAZÁBAL, M. E.; TELINO-JÚNIOR, W. R.; LYRA-NEVES, R. M.; FERNANDES, C. J. G. Recapturas e recuperações de aves migratórias no litoral de Pernambuco, Brasil. **Ararajuba**, v. 9, n. 1, p. 33-42, 2001.
- 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.
- BARBIERI, E. Seasonal abundance of shorebirds at Aracaju, Sergipe, Brazil. **Wader Study Group Bulletin**, v. 113, p. 40–46, 2007.
- BARBIERI, E.; HVENEGAARD, G. T. Seasonal occurrence and abundance of shorebirds at Atalaia Nova beach in Sergipe State, Brazil. **Waterbirds**, v. 31, n. 4, p. 636-644, 2008.
- BARBIERI, E.; PAES, E. T. The birds at Ilha Comprida beach (São Paulo State, Brazil): a multivariate approach. **Biota Neotropica**, v. 8, n. 3, p. 41-50, 2008.

BERTHOLD, P. **Bird migration: a general survey**. 2<sup>a</sup> ed. Nova York: Oxford University Press, 2001.

BIBBY, C. J.; NEIL, D. B; HILL, D. A. **Birds Census Techniques**. London: Academic Press, 1992.

BLANCO, D. E. Uso de hábitat por tres especies de aves playeras (*Pluvialis dominica*, *Limosa haemastica* y *Calidris fuscicollis*) em relación com La marea em Punta Rasa, Argentina. **Revista Chilena de História Natural**, v. 71, p. 87-94, 1998.

BLANCO, D. E.; YORIO, P.; PETRACCI, P. F.; PUGNALI, G. Distribution and abundance of non-breeding shorebirds along the coasts of the Buenos Aires province, Argentina. **Waterbirds**, v. 29, n. 3, p. 381-390, 2006.

BLUMSTEIN, D. T.; FERNÁNDEZ-JURICIC, E.; ZOLLNER, P. A.; GARITY, S. C. Inter-specific variation in avian responses to human disturbance. **Journal of Applied Ecology**, v. 42, p. 943–953, 2005.

BOERE, G. C.; STROUD, D. A. The flyway concept: what it is and what it isn't. In: BOERE, G. C.; GALBRAITH, C. A.; STROUD, D. A. **Waterbirds Around the World**. Edinburgh: The Stationery Office, 2006. p. 40-47.

BOTTO F.; MENDEZ-CASARIEGO, A.; VALIÑAS M.; IRIBARNE O. Spatial heterogeneity created by burrowing crabs affects human impact on migratory shorebirds. **Estuaries and Coasts**. v. 31, p. 134-143, 2008.

BRANCO, J. O. Avifauna aquática do Saco da Fazenda (Itajaí, Santa Catarina, Brasil): uma década de monitoramento. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 24, n. 4, p. 873-882, 2007.

BRINDOCK, K. M.; COLWELL, M. A. **Winter distribution of Western Snowy Plovers (*charadrius alexandrinus nivosus*) in Humboldt county – 2007/08, 2008/09**. Department of Wildlife, Humboldt State University, Arcata. 2009.

BURGER, J. Abiotic factors affecting migrant shorebirds. In: Burger, J.; Olla, B. L. **Shorebirds: migration and foraging behavior**. New Yourk: Plenum Press, 1984. p. 1-72.

BURGER, J.; HOWE, M. A.; HAHN, D. C., CHASE, J. Effects of tide cycles on habitat selection and habitat partitioning by migrating shorebirds. **The Auk**, v. 94, p. 743-758, 1977.

BURGER, J.; NILES, L.; CLARK, K. E. Importance of beach, mudflat and marsh habitats to migrant shorebirds on Delaware Bay. **Biological Conservation**, v. 79, p. 283-292, 1997.

BURGER, J.; CARLUCCI, S. A.; JEITNER, C. W.; NILES, L. Habitat choice, disturbance, and management of foraging shorebirds and gulls at a migratory stopover. **Journal of Coastal Research**. v. 23, n. 5, p. 1159-1166, 2007.

CABRAL, S. A. S.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Abundância sazonal de aves migratórias na Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu, Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 865-869, 2006a.

CABRAL, S. A. S.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Levantamento das aves da Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu, no litoral de Alagoas, Brasil. **Ornithologia**, v. 1, n. 2, p. 161-167, 2006b.

CHAPMAN, B. R. **Seasonal abundance and habitat-use patterns of coastal bird populations on Padre and Mustang Island barrier beaches [following the Ixtoc I oil spill]**. U .S. Fish and Wildlife Service, 1984.

CLARK, K. E.; NILES, L. J.; BURGER, J. Abundance and distribution of migrant shorebirds Delaware Bay. **The Condor**, v. 95, p. 694-705, 1993.

COLWELL, M. A.; LANDRUM, S. L. Nonrandom shorebird distribution and fine-scale variation in prey abundance. **The Condor**, v. 95, p. 94-103, 1993.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS. **Listas das aves do Brasil**. 10. ed. 2011. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>> . Acesso em: 28 jun 2011.

CONNORS, P. G.; MYERS, J. P.; CONNORS, C. S. W.; PITELKA, F. A. Interhabitat movements by sanderlings in relation to foraging profitability and the tidal cycle. **The Auk**, v. 98, p. 49-64, 1981.

CRAIG, R. J. Determinants of specie-area relationships for marsh-nesting birds. **Journal of Field Ornithology**, v. 79, n. 3, p. 269-279, 2008.

DEKKER, D.; DEKKER, I.; CHRISTIE, D; YDENBERG, R. Do staging Semipalmated Sandpipers spend the high-tide period in flight over the ocean to avoid falcon attacks along shore? **Waterbirds**, v. 34, n. 2, p. 195-201, 2011.

DE LUCA, A. DEVELEY, P.; OLMOS, F. **Final report: waterbirds in Brazil**. São Paulo: Save Brasil, 2006.

DIAS, M. P. Use of Salt Ponds by Wintering Shorebirds throughout the Tidal Cycle. **Waterbirds**, v. 32, n. 4, p. 531-537, 2009.

DIAS, M. P.; GRANADEIRO, J. P.; LECOQ, M.; SANTOS, C. D.; PALMEIRIM, J. M. Distance to high-tide roosts constrains the use of foraging areas by dunlins: implications for the management of estuarine wetlands. **Biological Conservation**, v. 131, p. 446-452, 2006.

DRAKE, K. R.; THOMPSON, J. E.; DRAKE, K. L.; ZONICK, C. Movements, habitat use, and survival of nonbreeding Piping Plovers. **The Condor**, v. 103, n. 2, p. 259-267, 2001.

ERWIN, R. M. Dependence of waterbirds and shorebirds shallow-water habitats in the mid-atlantic coastal region: an ecological profile and management recommendations. **Estuaries**, v. 19, n. 2A, p. 213-219, 1996.

FOLMER, E. O.; OLFF, H.; PIERSMA, T. How well do food distributions predict spatial distributions of shorebirds with different degrees of self-organization? **Journal of Animal Ecology**, v. 79, p. 747-756, 2010.

FONSECA, V. G.; GRADE, N.; CANCELA DA FONSECA, L. Patterns of association and habitat use by migrating shorebirds on intertidal mudflats and saltworks on the Tavira Estuary, Ria Formosa, southern Portugal. **Wader Study Group Bulletin**, v. 105, p. 50-55, 2004.

GERSTENBERG, R. H. Habitat utilization by wintering and migrating shorebirds on Humboldt Bay, California. In: PITELKA, F. A. **Shorebirds in Marine Environments (Studies in Avian Biology)**, n. 2, Lawrence: Allen Press, 1979. p. 33-40.

GLEASON, H. A. On the relation between species and area. **Ecology**, v. 3, n. 2, p. 158-162, 1922.

GLEASON, H. A. Species and area. **Ecology**, v. 6, n. 1, p. 66-74, 1925.

GRANADEIRO, J. P.; ANDRADE, J.; PALMEIRIM, J. M. Modelling the distribution of shorebirds in estuarine areas using generalised additive models. **Journal of Sea Research**, v. 52, p. 227-240, 2004.

GRANADEIRO, J. P.; DIAS, M. P.; MARTINS, R. C.; PALMEIRIM, J. M. Variation in numbers and behaviour of waders during the tidal cycle: implications for the use of estuarine sediment flats. **Acta Oecologica**, v. 29, p. 293-300, 2006.

HARRINGTON, B. **Conserving shorebirds on Department of Defense Lands**. Department of Defense Partners in Flight, Technical Series, n. 3, 2007.

HAYMAN, P.; MARCHANT, J.; PRATER, T. **Shorebirds: an identification guide to the waders of the world**. Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts. 1986.

KOBER, K. **Foraging ecology and habitat use of wading birds and shorebirds in the mangrove ecosystem of the Caeté Bay, Northeast Pará, Brazil**. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) - University of Bremen, Bremen, 2004.

KOBER, K.; BAIRLEIN, F. Habitat choice and niche characteristics under poor food conditions. A study on migratory nearctic shorebirds in the intertidal flats of Brazil. **Ardea**, v. 97, n. 1, p. 31-42, 2009.

KIRBY, J. S. Numbers, distribution and habitat preferences of waders wintering on the Isle of Scilly. **Wader Study Group Bulletin**, v. 57, p. 47-52, 1990.

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.

LINCOLN, F. C. **Migration of Birds**. Circular 16. U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, 1935. Disponível em: < <http://library.fws.gov> >. Acesso em: 11 jul. 2011.

LUNARDI, V. O. **Estratégias de forrageamento e evitação de predadores em Charadriidae e Scolopacidae na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil**. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

MÄDER, A. **Efeitos da antropização da zona costeira sobre as assembléias de aves.** Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade do Vale do Rio Sinos, São Leopoldo, 2010.

MASERO, J. A. Assessing alternative anthropogenic habitats for conserving waterbirds: salinas as buffer areas against the impact of natural habitat loss for shorebirds. **Biodiversity and Conservation**, v. 12, p. 1157–1173, 2003.

MITCHELL, J. R.; MOSER, M. E.; KIRBY, J. S. Declines in midwinter counts of waders roosting on the Dee estuary. **Bird Study**. v. 35, n. 3, p. 191-198, 1988.

MORRISON, R. I. G. Migration systems of some new world shorebirds. In: JOANNA, B.; OLLA, B. L. **Migration and foraging behavior.** Nova York: Plenum Publishing Corporation, 1984. p.125-202.

MORRISON, R. I. G.; MYERS, J. P. Wader migration systems in the New World. **Wader Study Group Bulletin**, v. 49 (suppl.), n. 7, p. 57-69, 1987.

MORRISON, R. I. G.; ROSS, R. K. **Atlas of Nearctic shorebirds in the coast of South America**, v. 2. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication, 1989.

MORRISON, R. I. G.; SERRANO, I. L.; ANTAS, P. T. Z.; ROSS, K. **Aves migratórias no Pantanal: distribuição de aves limícolas neárticas e outras espécies aquáticas no Pantanal.** Brasília: WWF-Brasil, 2008.

MOURITSEN, K. N. Day and night feeding in Dunlins *Calidris alpilla*: choice of habitat, foraging technique and prey. **Journal of Avian Biology**, v. 25, p. 55-62, 1994.

MÚRIAS, T.; CABRAL, J. A.; LOPES, R.; MARQUES, J. C. Low-water use of the Mondego estuary (West Portugal) by waders (Charadrii). **Ardeola**, v. 44, n. 1, p. 79-91, 1997.

MYERS, J. P.; SALLABERRY A., M.; ORTIZ, E.; CASTRO, G.; GORDON. L. M.; MARON, J. L.; SCHICK, C. T.; TABILO, E.; ANTAS, P.; BELOW, T. Migration routes of new world sanderlings (*Calidris alba*). **The Auk**, v. 107, p. 172-180, 1990.

NARANJO, L. G.; MAUNA, J. E. Segregation of roosting habitat in migratory shorebirds on the Pacific coast of Colombia. **International Wader Studies**. v. 8, p. 52-54. 1996.

NARANJO, L. G.; APARICIO, A.; FALK, P. Important areas for waterbirds on the Pacific coast of Colombia. In: BOERE, G. C.; GALBRAITH, C. A.; STROUD, D. A. **Waterbirds Around the World.** Edinburgh: The Stationery Office, 2006. p. 181-182.

NASCIMENTO, J. L. X. **Monitoramento de aves migratórias da ordem Charadriiformes no Parque Nacional da Lagoa do Peixe, Rio Grande do Sul.** Tese (Doutorado em Oceanografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

NASCIMENTO, J. L. X.; LARRAZÁBAL, M. E. Alimentação de aves limícolas em Barra de Cunhaú, Canguaretama, Rio Grande do Norte. **Melospittacus**, v. 3, n. 3, p. 91-109, 2000.

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.

NEWTON, I. **The migration ecology of birds**. Londres: Academic Press, 2007.

NILSSON, S. G; BENGTSSON, J.; AS, S. Habitat diversity or area per se? Species richness of woody plants, carabid beetles and land snails on islands. **Journal of Animal Ecology**, v. 57, n. 2, p. 685-704, 1988.

NUNES, A. P.; TOMAS, W. M. **Aves Migratórias Ocorrentes no Pantanal: Caracterização e Conservação**. Série Documentos, Embrapa Pantanal, v. 62, p. 1-25, 2004.

NUNES, A. P.; TOMAS, W. M. **Aves migratórias e nômades ocorrentes no Pantanal**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008.

OKSANEN, J.; BLANCHET, F. G.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G. L.; SOLYMOS, P.; STEVENS M. H. H.; WAGNER, H. **Vegan: Community Ecology Package**. v. 1.17-8, 2011.

PAYNE, L. X. **Conservation Plan for the Sanderling (*Calidris alba*)**. Version 1.1. Manomet Center for Conservation Sciences, Manomet, Massachusetts, 2010.

PIERSMA, T. Family Charadriidae (plovers). In: DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J. **Handbook of the birds of the world: Hoatzin to Auks**. v. 3, Barcelona: Lynx Editions, 1996a. p. 384-409.

PIERSMA, T. Family Scolopacidae (sandpipers, snipes and phalaropes). In: DEL HOYO, J.; ELLIOTT, A.; SARGATAL, J. **Handbook of the birds of the world: Hoatzin to Auks**. v. 3, Barcelona: Lynx Editions, 1996b. p. 444-487.

PIERSMA, T. Using the power of comparison to explain habitat use and migration strategies of shorebirds worldwide. **Journal of Ornithology**, v. 148 (Suppl 1), p. S45-S59, 2007.

PIERSMA, T.; VAN GILS, J.; GOEIJ, P. D.; VAN DER MEER, J. Holling's functional response model as a tool to link the food-finding mechanism of a probing shorebird with its spatial distribution. **Journal of Animal Ecology**, v. 64, n. 4, p. 493-504, 1995.

PIERSMA, T.; GILL JR., R. E.; DE GOEIJ, P.; DEKINGA, A.; SHEPHERD, M. L.; RUTHRAUFF, D.; TIBBITTS, L. Shorebird avoidance of nearshore feeding and roosting areas at night correlates with presence of a nocturnal avian predator. **Wader Study Group Bulletin**, v. 109, p. 73-76, 2006.

PLACYK JR., J. S.; HARRINGTON, B. A. Prey abundance and habitat use by migratory shorebirds at coastal stopover sites in Connecticut. **Journal of Field Ornithology**, v. 75, n. 3, p. 223-231, 2004.

PRESTON, F. W. Time and space and the variation of species. **Ecology**, v. 41, p. 611-624, 1960.

- PULIDO, V.; JAHNCKE, J.; MAKAMATSU, P.; FLORES, C. Conservation of Charadriiformes on the Peruvian coast. **International Wader Studies**, v. 8, p. 55-61, 1996.
- RECHER, H. F. Some aspects of the ecology of migrant shorebirds. **Ecology**, v. 47, n. 3, p. 393-407, 1966.
- RIBEIRO, P. D.; IRIBARNE, O. O.; NAVARRO, D.; JAUREGUY, L. Environmental heterogeneity, spatial segregation of prey, and the utilization of southwest Atlantic mudflats by migratory shorebirds. **Ibis**, v. 146, p. 672-682, 2004
- RICKLEFS, R. E.; LOVETTE, I. J. The roles of island area per se and habitat diversity in species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. **Journal of Animal Ecology**, v. 68, p. 1142-1160, 1999.
- RODRIGUES, A. A. F. Seasonal abundance of Nearctic shorebirds in the Gulf of Maranhão, Brazil. **Journal of Field Ornithology**, v. 71, n. 4, p. 665-675, 2000.
- RODRIGUES, A. A. F. Priority areas for conservation of migratory and resident waterbirds on the coast of Brazilian Amazonia. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, n. 2, p. 209-218, 2007.
- RODRIGUES, R. C.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. L.; ARAÚJO, H. F. P. Temporal variations of body mass and plumage in *Arenaria interpres* (Aves: Scolopacidae) along the Brazilian coast. **Zoologia**, v. 26, n. 3, p. 386-390, 2009.
- ROGERS, D. I.; BATTLE, P. F.; PIERSMA, T.; VAN GILS, J. A.; ROGERS, K. G. High-tide habitat choice: insights from modelling roost selection by shorebirds around a tropical bay. **Animal Behaviour**, v. 72, p. 563-575, 2006a.
- ROGERS, D. I.; PIERSMA, T.; HASSELL, C. J. Roost availability may constrain shorebird distribution: Exploring the energetic costs of roosting and disturbance around a tropical bay. **Biological Conservation**, v. 133, p. 225-235, 2006b.
- ROSE, M.; NOL, E. Foraging behavior of non-breeding Semipalmated Plovers. **Waterbirds**, v. 33, n. 1, p. 59-69, 2010.
- RUFINO, R.; ARAUJO, A.; PINA, J. P.; MIRANDA, P. S. The use of salinas by waders in the Algarve, South Portugal. **Wader Study Group Bulletin**, v. 42, p. 41-42, 1984.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal. Ecosistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.
- SCHEINER, S. M. Six types of specie-area curves. **Global Ecology and Biogeography**, v. 12, p. 441-447, 2003.
- SIGRIST, T. **Guia de campo Avis Brasilis: Avifauna Brasileira**. Vinhedo: Avis Brasilis, 2009.

SMIT, C. J.; VISSER, G. J. M. Effects of disturbance on shorebirds: a summary of existing knowledge from the Dutch Wadden Sea and Delta area. **Wader Study Group Bulletin**, v. 68, p. 6-19, 1993.

STRAUBE, F. C. Questões linguísticas em ornitologia: 1. limícola ou limnícola? **Atualidades Ornitológicas**, v. 88, p. 4, 1999.

SUMMERS, R. W.; UNDERHILL, L. G.; SIMPSON, A. Habitat preferences of waders (Charadrii) on the coast of the Orkney Islands: Twelve species of wader were surveyed on 494 coastal sections, revealing features in addition to substratum type that are important in habitat selection. **Bird Study**, v. 49, n. 1, p. 60-66, 2002.

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.

TARR, N. M.; SIMONS, T. R.; POLLOCK, K. H. An experimental assessment of vehicle disturbance effects on migratory shorebirds. **Journal of Wildlife Management**, v. 74, n. 8, p. 1776-1783, 2010.

TELINO-JÚNIOR, W. R. **Levantamento e identificação dos invertebrados que participam da dieta alimentar dos Charadriidae e Scolopacidae, na Coroa do Avião, Itamaracá, Pernambuco, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

TELINO-JÚNIOR, W. R.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LYRA-NEVES, R. M. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do Avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 451-456, 2003.

TER BRAAK, C. J. F. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. **Ecology**, v. 67, n. 5, p. 1167-1179, 1986.

TUBELIS, D. P.; TOMAS, W. M. Bird species of the Pantanal wetland, Brazil. **Ararajuba**, v. 11, n. 1, p. 5-37, 2003.

TURPIE, J. K.; HOCKEY, P. A. R. Adaptive variation in the foraging behaviour of Grey Plover *Pluvialis squatarola* and Whimbrel *Numenius phaeopus*. **Ibis**, v. 139, n. 2, p. 289-298, 1997.

VAN DIJK, A. J.; DE RODER, F. E.; MARTEIJN, E. C. L.; SPIEKMAN, H. Summering waders on the Banc D'Arguin, Mauritania: a census in June 1988. **Ardea**, v. 78, p. 145-156, 1990.

VAN GILS, J. A.; SPAANS, B.; DEKINGA, A.; PIERSMA, T. Foraging in a tidally structured environment by red knots (*Calidris canutus*): ideal, but not free. **Ecology**, v. 87, n. 5, p. 1189-1202, 2006.

VELASQUEZ, C. R.; HOCKEY, P. A. R. The importance of supratidal foraging habitats for waders at a south temperate estuary. **Ardea**, v. 80, p. 243-253, 1992.

- VELÁSQUEZ, C. R.; NAVARRO, R. A. The influence of water depth and sediment type on the foraging behavior of Whimbrels. **Journal of Field Ornithology**. v. 64, n. 2, p. 149-157, 1993.
- VOOREN, C. M.; CHIARADIA, A. Seasonal abundance and behaviour of coastal birds on Cassino Beach, Brazil. **Ornitologia Neotropical**, v.1, p. 9-2, 1990.
- WARNOCK, S. E.; TAKEKAWA, J. Y. Habitat preferences of wintering shorebirds in a temporally changing environment: Western Sandpipers in the San Francisco Bay estuary. **The Auk**, v. 112, p. 920-930, 1995.
- WARNOCK, N.; ELPHICK, C.; RUBEGA, M. A. Shorebirds in the marine environment. In: SCHREIBER, E. A.; BURGER, J. (orgs) **Biology of Marine birds**. Boca Raton, FL: CRC Press, 2001. p. 581-615.
- WILLIS, E. O. Are *Actitis* Sandpipers Inverted Flying Fishes? **The Auk**, v. 111, n. 1, p. 190-191, 1994.
- YASUÉ, M. Environmental factors and spatial scale influence shorebirds' responses to human disturbance. **Biological Conservation**. v. 128, p. 47-54, 2006.
- YASUÉ, M.; DEARDEN, P. The importance of supratidal habitats for wintering shorebirds and the potential impacts of shrimp aquaculture. **Environmental Management**. v. 43, p. 1108–1121, 2009.
- ZHARIKOV, Y.; ELNER, R. W.; SHEPHERD, P. C. F.; LANK, D. B. Interplay between physical and predator landscapes affects transferability of shorebird distribution models. **Landscape Ecology**, v. 24, 129-144, 2009.

# Anexo

---

MIGRATORY SHOREBIRDS DURING BOREAL SUMMER AND SOUTHWARD  
MIGRATION ON THE COAST OF PARAÍBA, BRAZIL.

## NOTA PRÉVIA

O trabalho apresentado a seguir trata-se de um manuscrito aceito para publicação como uma nota na revista *Waterbirds*, e refere-se às nossas investigações prévias quanto à ocorrência de aves limícolas migratórias no litoral paraibano. Este estudo teve importância na determinação dos locais de contagem da presente dissertação. O texto foi escrito em língua inglesa e está parcialmente formatado segundo as normas da Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT).

MIGRATORY SHOREBIRDS DURING BOREAL SUMMER AND SOUTHWARD  
MIGRATION ON THE COAST OF PARAÍBA, BRAZIL.

Tiago A. L. Cardoso e Douglas Zeppelini

**ABSTRACT**

The coast of the state of Paraíba, northeastern Brazil, was surveyed for migratory shorebirds during northern summer and the southward migration period, late May through October 2010. Shorebirds were counted along beaches and rivers mouths. A total of 11 species was recorded. The most common species were Semipalmated Plover (*Charadrius semipalmatus*), Semipalmated Sandpiper (*Calidris pusilla*), Whimbrel (*Numenius phaeopus*) and Black-bellied Plover (*Pluvialis squatarola*). Highest richness, diversity, abundance and frequency of birds occurred on the two largest estuaries, Paraíba do Norte and Mamanguape, during southward migration period.

**Key words.** estuaries, migration, nearctic shorebirds, summering, stopovers.

## 1 INTRODUCTION

Every year, thousands of Nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) migrate to the South American coast during the boreal winter, where they distribute in a small number of sites with high population concentrations (ANTAS, 1984; MORRISON; ROSS, 1989). Sites are selected based on the availability of resources in the area and the ecological characteristics of the species (BURGER; OLLA, 1984). Also, birds use these sites for moulting and acquiring body mass before returning to their breeding areas (NEWTON, 2007).

Aerial surveys around the coast of South America between 1982 and 1986 identified sites with highest populations abundance, and thus of conservational importance (MORRISON; ROSS, 1989). However, a large gap remained in the northeastern coast of Brazil, from the state of Rio Grande do Norte to the northern coast of Bahia. Subsequently, ground surveys have identified several roosting sites in this area, the most important being Barra do Cunhaú and Diamante Branco saltworks, Rio Grande do Norte (NASCIMENTO; LARRAZÁBAL, 2000; LARRAZÁBAL et al., 2002); Coroa do Avião island, Pernambuco (AZEVEDO-JÚNIOR; LARRAZÁBAL, 1994; TELINO-JÚNIOR et al., 2003); Piaçabuçu Protection Area, Alagoas (CABRAL et al., 2006); mangrove of Sergipe river and Atalaia Nova beach, Sergipe (BARBIERI, 2007; BARBIERI; HVENEGAARD, 2008).

Although there are records of migrant shorebirds species on the state of Paraíba (SCHULZ-NETO, 1995; ARAÚJO et al., 2006), there is no information on roosting sites or population estimates. Further, there are unpublished records of Nearctic shorebirds using this area during the north hemisphere summer, while most of population is on their breeding grounds.

Here, we present results from the first ground surveys for shorebirds in Paraíba during northern summer period (i.e. the breeding season, from late May to mid-August) and southward migration (from mid-August to October; ANTAS, 1984), providing a comparison between summering populations and the birds that arrive during migration period. We use estimates of abundance, richness, diversity, and frequency to assess eleven sectors along the coast and identify the main sites used by the birds.

## 2 METHODS

### 2.1 Study Area

The coast of Paraíba extends from 6° 29'S - 34° 59'W to 7° 32'S - 34° 49'W, covering approximately 147 kilometers consisting of flat beaches, vegetated sand dunes and cliffs (Fig. 1). Along this coastline, many rivers enter the sea, forming estuaries, mangroves, and mud and sand banks that are exposed twice a day during low tides. Also, there are rocky coral reefs, algae banks and marine invertebrates, some of which also emerge at low tides.

Eleven sectors were selected covering the coastline of the state of Paraíba. Sectors were chosen according to the probability of finding flocks of birds, and based on previous unpublished records. Ten sectors comprised estuarine-mangrove complexes and beaches adjacent to the mouth of rivers: Guajú, Camaratuba, Mamanguape, Miriri, Paraíba do Norte, Gramame, Bucatú, Mucatú, Abiaí and Acaú. One sector comprised the beaches of Cabo Branco and Seixas in a metropolitan area, where we made previous observations of flocks.

### 2.2 Data Collection

We conducted surveys of shorebirds during northern breeding season and southward migration periods (28 May to 30 October 2010). Sectors were visited four times during this period. Observation dates for each sector were evenly distributed throughout the study. During each survey we applied following strategies:

(i) Two linear transects were delimited in each sector, covering 2.5 km of coastal beaches north and southward from the mouth of river. Transects were covered on foot by one observer which recorded every bird seen. Each count lasted about 30 minutes and was carried out both in high and low tides.

(ii) Inner margins of estuaries were searched at low tide from a boat, when the birds spread on the mud and sand flats.

(iii) Informal conversations were held with people that live near study sectors (e.g. fishermen, shellfish gatherers). The information was valuable for finding roosting sites that were hidden behind mangrove forests.

Species were identified using 10x50mm binoculars, following Hayman et al. (1986).

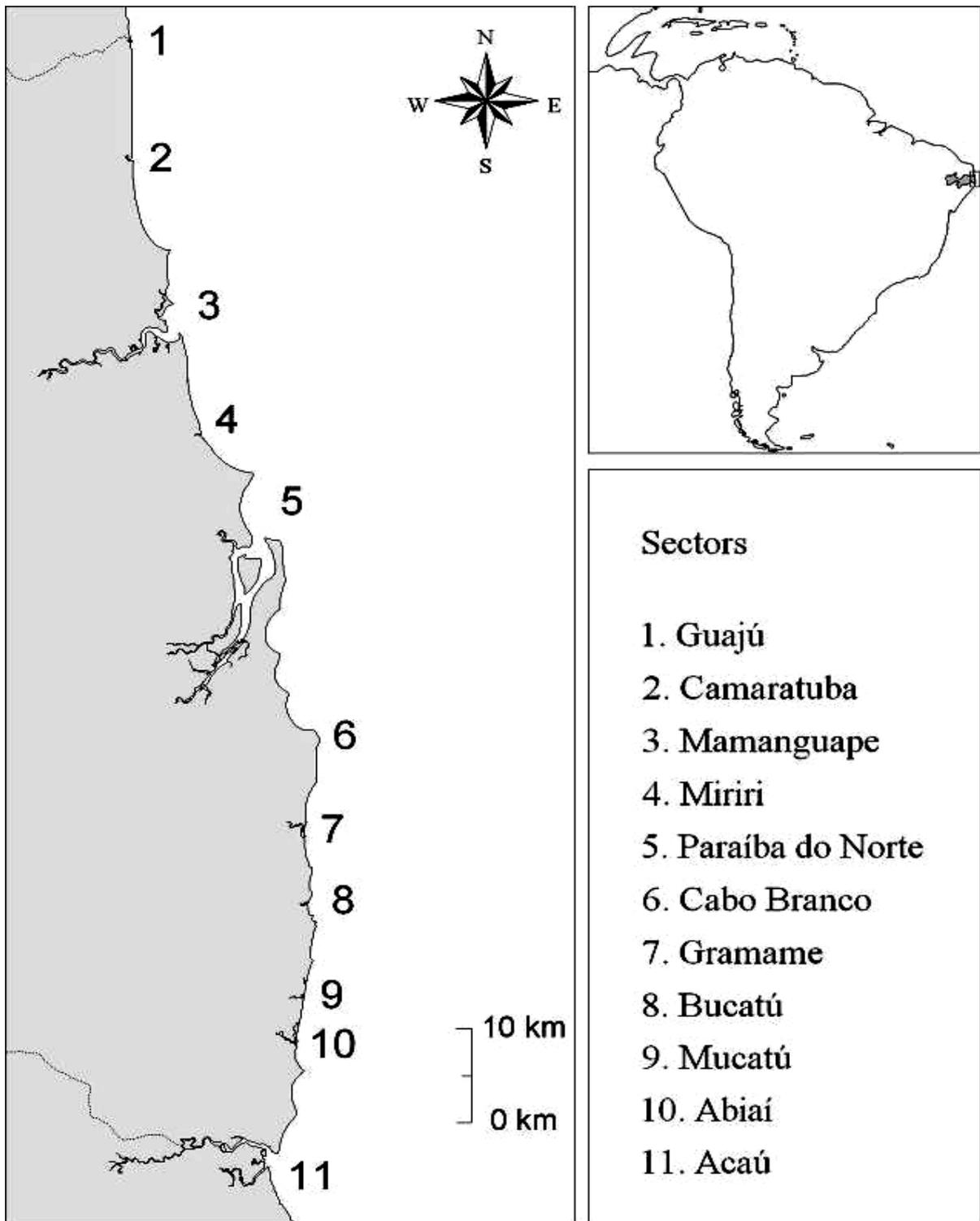


Figure 1. Sectors surveyed on the coast of Paraíba, Brazil.

### 2.3 Analysis and Synthesis

Sectors were assessed for richness ( $S$ ) (total number of species), Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $J'$ ), mean abundance of individuals ( $a_i$ ), mean abundance of each species ( $a_s$ ) and frequency of occurrence of migratory shorebirds ( $f$ ).

$H'$  and  $J'$  were calculated using the mean abundances of species of the four counts in each sector. Calculations of indexes were performed with the software Primer 6.1.6.

Mean abundance of individuals for each sector was calculated as  $a_i = A/Sn$ , where  $A$  represents the sum of total abundances of all species in all counts,  $S$  represents the total number of species and  $n$  the number of counts on the particular sector. Mean abundance for each species was calculated as  $a_s = a/n$ , where  $a$  represents the sum of total abundances of the species on a particular sector. We constructed a community matrix portraying the mean abundance of species (columns) in the eleven sectors. Also, we calculated mean abundances of individuals separately for the two periods of counts (north breeding season and southward migration).

We used non-parametric Kruskal-Wallis ANOVA to test for differences in richness, diversity and abundance of individuals among the sectors. Posterior Mann-Whitney U Tests were carried out to identify which sectors were responsible for differences. Mann-Whitney was also used to test for differences in mean abundance of individuals between the two periods of counts. The software used was Statistica 7.0.

Frequency of occurrence of migratory species was obtained dividing the number of counts with at least one species by the number of counts in the sector. Sectors with  $f = 1.00$  were classified as very frequent occurrence, sectors with  $1.00 > f \geq 0.75$  as frequent occurrence, sectors with  $0.75 > f > 0.25$  less frequent, and the ones which had  $f \leq 0.25$ , occasional occurrence.

### 3 RESULTS

During 44 surveys of the eleven sectors, we observed eleven species of migratory shorebirds (Table 1). Semipalmated Plover (*Charadrius semipalmatus*) was the most abundant species (Table 2), followed by Semipalmated Sandpiper (*Calidris pusilla*), Whimbrel (*Numenius phaeopus*), and Black-bellied Plover (*Pluvialis squatarola*).

Highly significant differences were found in richness ( $P = 0.0041$ ), diversity ( $P = 0.0011$ ) and abundance of individuals ( $P = 0.0063$ ) among sectors. Evenness were not significantly different ( $P = 1.000$ ).

The highest richness, diversity and mean abundance of individuals were found in Paraíba do Norte sector, followed by Mamanguape and Acaú (Table 2 and Fig. 2), and the lowest values of evenness in the same areas (Fig. 2).

Paraíba do Norte and Mamanguape stood out from other estuaries because they showed significantly higher richness, diversity and abundance of individuals (Table 3), as well as a very frequent occurrence of migratory shorebirds (Table 4). Figure 3 shows the sites where birds were found in the sectors with highest frequencies of occurrence of birds.

Highest numbers of individuals were recorded during southward migration period (Fig. 4), however significant differences between periods were found only for three sectors: Mamanguape, Paraíba do Norte and Acaú.

Table 1. Migratory shorebird species observed using the coast of Paraíba, Brazil, from May through October 2010.

Species	Scientific name	Abbreviation*
Black-bellied Plover	<i>Pluvialis squatarola</i>	BBPL
Semipalmated Plover	<i>Charadrius semipalmatus</i>	SEPL
Whimbrel	<i>Numenius phaeopus</i>	WHIM
Spotted Sandpiper	<i>Actitis macularius</i>	SPSA
Greater Yellowlegs	<i>Tringa melanoleuca</i>	GRYE
Willet	<i>Tringa semipalmata</i>	WILL
Lesser Yellowlegs	<i>Tringa flavipes</i>	LEYE
Ruddy Turnstone	<i>Arenaria interpres</i>	RUTU
Sanderling	<i>Calidris alba</i>	SAND
Semipalmated Sandpiper	<i>Calidris pusilla</i>	SESA
Least Sandpiper	<i>Calidris minutilla</i>	LESA

\*Abbreviations follow Klimkiewicz and Robbins (1978).

Table 2. Mean abundance and maximum count of eleven shorebirds species using eleven sectors in the coast of Paraíba, Brazil, from May through October 2010.

<sup>1</sup> Number of species; <sup>2</sup> Standard deviation. <sup>3</sup>Numbers in parenthesis represent sector and month respectively.

Sector	BBPL	SEPL	WHIM	SPSA	GRYE	WILL	LEYE	RUTU	SAND	SESA	LESA	S <sup>1</sup>	a <sub>i</sub>	SD <sup>2</sup>
Guajú	0	9.5	0	0	0	0	0	4.5	2.0	0	0	3	1.5	3.0
Camaratuba	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	0.4
Mamanguape	2.5	19.5	0.8	4.8	0	0	0	13.3	0.3	38.3	0.8	8	7.3	12.1
Miriri	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.5	0.5	0	3	0.1	0.2
Paraíba	43.3	171.5	62.3	0.5	23.3	0.3	7.8	13.8	18.5	72.8	0	10	37.6	51.0
Cabo Branco	0	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3	1.1
Gramame	0	0.8	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.1	0.2
Bucatú	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0	0.1
Mucatú	0	0	0	1.3	0	0	0	0	1.0	0	0	2	0.2	0.5
Abiaí	0	9.3	0	2.5	0	0	0	0	0	0	0	2	1.1	2.8
Acaú	1.8	4.5	1.3	1.8	0	0	0	0.5	13.0	0	0	6	2.1	3.9
Incidence	3	7	4	7	1	1	1	5	6	3	1	-	-	-
Average	4.3	19.9	5.9	1.1	2.1	0.0	0.7	2.9	3.2	10.1	0.1	-	-	-
SD	12.9	50.7	18.7	1.5	7.0	0.1	2.3	5.4	6.4	23.7	0.2	-	-	-
Maximum	85 (5; 10) <sup>3</sup>	260 (5; 8)	98 (5; 10)	10 (10; 9)	49 (5; 10)	1 (5; 10)	17 (5; 10)	39 (3; 10)	48 (11; 10)	269 (5; 10)	3 (3; 10)	-	-	-

Table 3. Matrix of Mann-Whitney U Test *P*-values for richness (S) and Shannon-Wiener diversity index (H') of the eleven sectors in the coast of Paraíba, Brazil, from May through October 2010.

Sector*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		0.148916	0.083265	0.312322	<b>0.020922</b>	0.248214	0.248214	0.148916	0.193932	0.193932	0.470487
2	0.248214		<b>0.020922</b>	0.885234	<b>0.020922</b>	0.248214	0.563703	1.000000	0.885234	0.885234	0.112352
3	0.083265	0.020922		<b>0.043309</b>	0.248214	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.030384</b>	<b>0.030384</b>	0.148916
4	0.772830	0.563703	0.083265		<b>0.020922</b>	0.772830	0.772830	0.885234	0.885234	0.885234	0.193932
5	<b>0.043309</b>	<b>0.020922</b>	0.248214	<b>0.043309</b>		<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>	<b>0.020922</b>
6	0.248214	0.248214	<b>0.020922</b>	0.563703	<b>0.020922</b>		1.000000	0.563703	0.772830	0.772830	0.148916
7	0.248214	1.000000	<b>0.020922</b>	0.563703	<b>0.020922</b>	1.000000		0.563703	0.772830	0.772830	0.148916
8	0.248214	1.000000	<b>0.020922</b>	0.563703	<b>0.020922</b>	1.000000	1.000000		0.885234	0.885234	0.112352
9	0.386477	0.563703	<b>0.043309</b>	0.885234	<b>0.020922</b>	0.563703	0.563703	0.563703		1.000000	0.112352
10	0.386477	0.563703	<b>0.020922</b>	0.885234	<b>0.020922</b>	0.563703	0.563703	0.563703	0.885234		0.112352
11	0.386477	0.083265	0.148916	0.470487	0.083265	0.083265	0.083265	0.083265	0.112352	0.112352	

\* (1) Guajú, (2) Camaratuba, (3) Mamanguape, (4) Miriri, (5) Paraíba do Norte, (6) Cabo Branco, (7) Gramame, (8) Bucatú, (9) Mucatú, (10) Abiaí, (11) Acaú. Significant differences are bold.

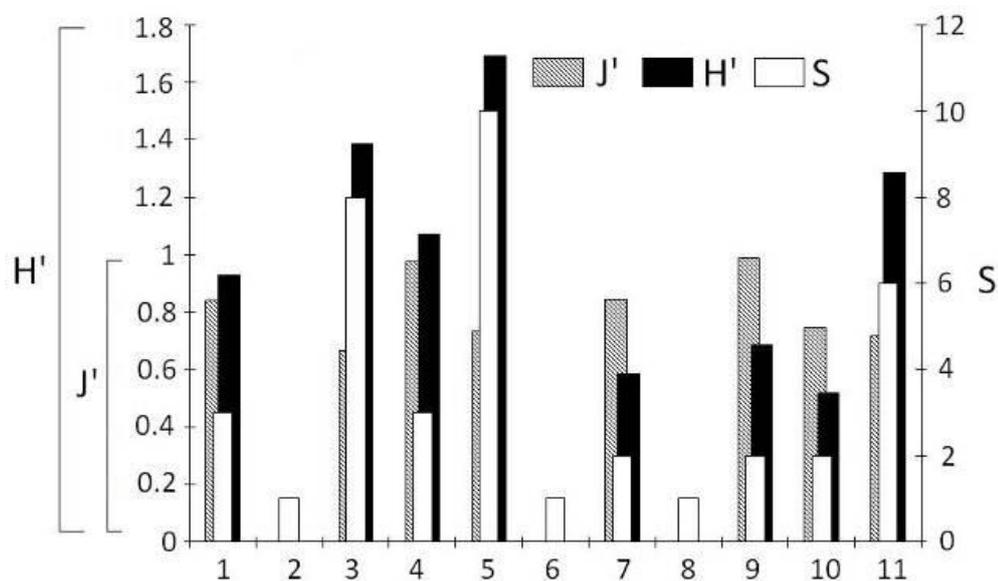


Figure 2. Variation of the Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness ( $J'$ ) and number of species on the eleven sectors studied: (1) Guajú, (2) Camaratuba, (3) Mamanguape, (4) Miriri, (5) Paraíba do Norte, (6) Cabo Branco, (7) Gramame, (8) Bucatú, (9) Mucatú, (10) Abiaí, (11) Acaú.

Table 4. Frequency of occurrence of migratory shorebirds in eleven sectors in the coast of Paraíba, Brazil, from May through October 2010.

Sector	Frequency of occurrences	Status
Guajú	0.75	Frequent
Camaratuba	0.25	Occasional
Mamanguape	1.00	Very frequent
Miriri	0.25	Occasional
Paraíba do Norte	1.00	Very frequent
Cabo Branco	0.25	Occasional
Gramame	0.50	Less frequent
Bucatú	0.25	Occasional
Mucatú	0.25	Occasional
Abiaí	0.25	Occasional
Acaú	0.75	Frequent

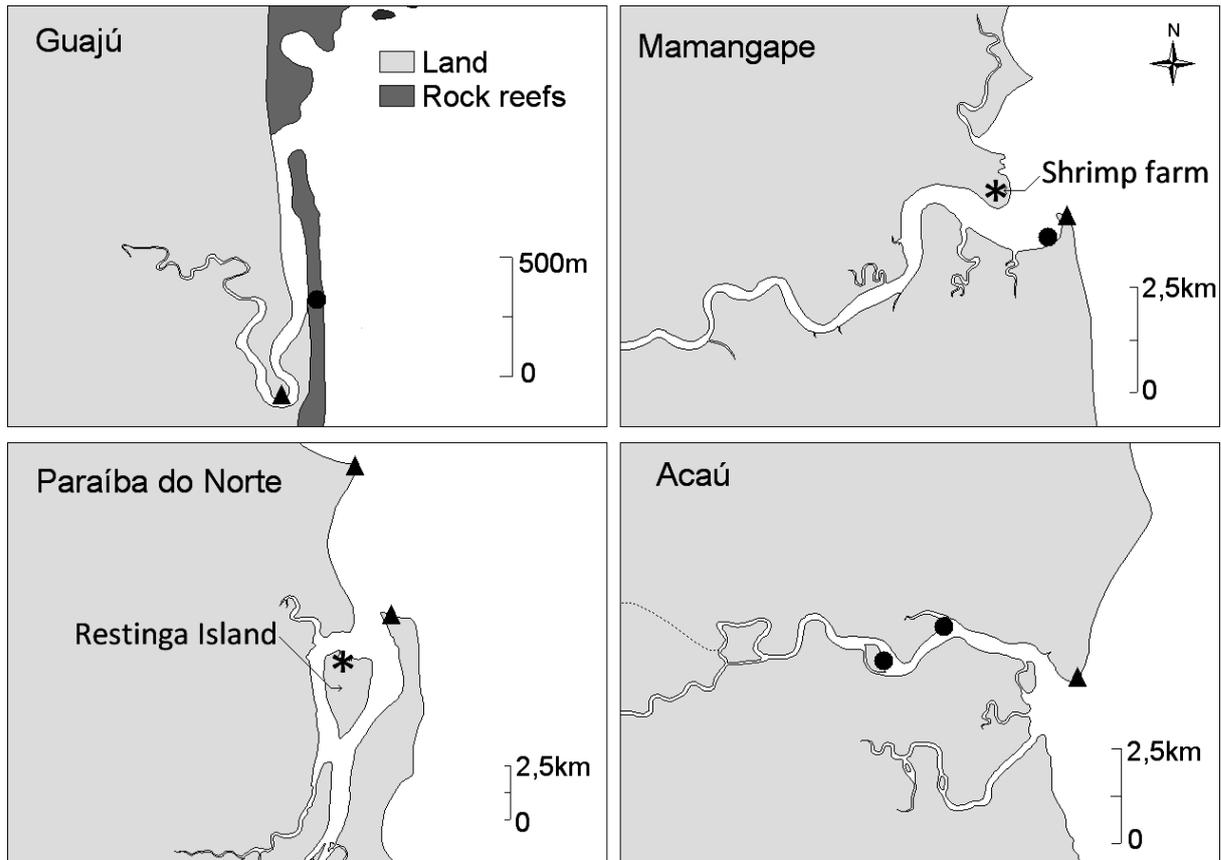


Figure 3. Sectors with frequent and very frequent occurrence of migratory shorebirds: (▲) High tide roosts, (●) Feeding sites, (★) Resting and feeding sites.

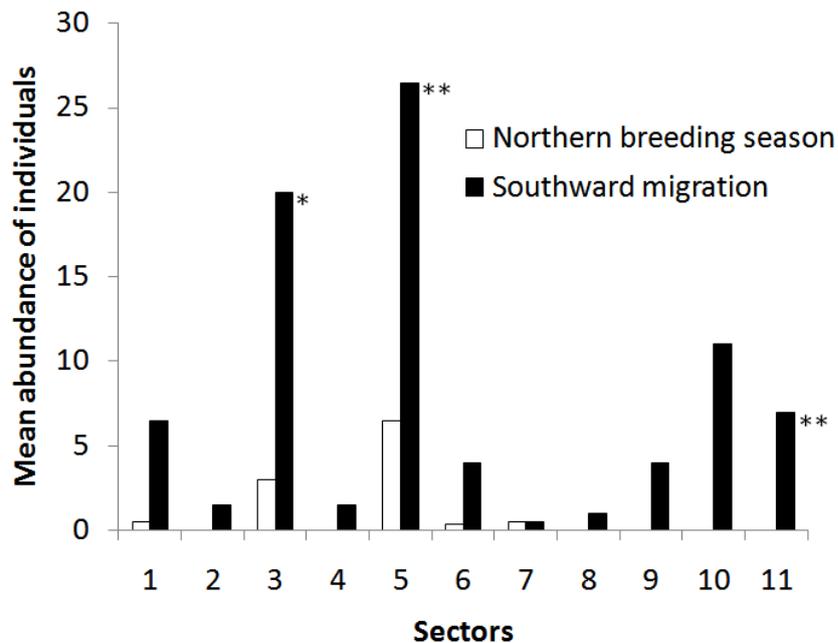


Figure 4. Mean abundance of migratory shorebirds using eleven sectors on the coast of Paraíba, Brazil, during northern breeding season and southward migration. (1) Guajú, (2) Camaratuba, (3) Mamanguape, (4) Miriri, (5) Paraíba do Norte, (6) Cabo Branco, (7) Gramame, (8) Bucatú, (9) Mucatú, (10) Abiaí, (11) Acaú. Mann-Witney *P*-values: \**P* < 0.05; \*\**P* < 0.01.

## 4 DISCUSSION

Shorebirds occurred in lesser abundance on the coast of Paraíba than at key sites described by Morrinson and Roos (1989) on north-central and southern Brazil. However, number of shorebirds on the estuaries Paraíba do Norte and Mamanguape are similar to those reported to other sites on neighboring states, such as Barra do Cunhaú, Rio Grande do Norte (NASCIMENTO; LARRAZÁBAL 2000); Coroa do Avião island, Pernambuco (TELINO-JÚNIOR et al., 2003); and Piaçabuçu Protection Area, Alagoas (CABRAL et al., 2006).

Paraíba do Norte and Mamanguape are the largest estuaries in the Paraíba coast, and may support a high number of individuals owing to their large areas suitable for foraging and resting. Several authors state that availability of habitats may have a great influence over abundance and richness of species (MACARTHUR; WILSON, 1967; RICKLEFS; LOVETTE, 1999). Moreover, the relatively greater areas of Paraíba do Norte and Mamanguape probably support greater habitat diversity, which in turns could support higher species richness (RICKLEFS; LOVETTE, 1999; KALLIMANIS et al., 2008).

Variation in abundance of individuals between the two periods of counts reflects the addition of southward migrants coming from northern hemisphere after their breeding season. The few birds found in the study area during the northern summer may be young birds and adults that failed in finish the molt before migrate, as observed in studies carried out on nearby areas (e.g. AZEVEDO-JÚNIOR et al., 2001; BARBIERI, 2007).

None of the local study areas meets the minimum criteria to be nominated for inclusion within Western Hemisphere Shorebird Reserve Network (1% of biogeographic population of a species; WETLANDS INTERNATIONAL, 2006). Nevertheless, considering that the population estimates presented here is underestimated owing to the lack of counts during wintering season and northward migration, we believe that at least four of these areas should receive conservation planning on a local scale: the estuaries of the rivers Paraíba do Norte, Mamanguape, Acaú and Guajú, and the adjacent beaches and rocky reefs. We choose these areas as priorities because of their higher abundance of individuals, number of species and frequency of occurrence of migrant shorebirds.

We propose special attention for Restinga Island (Fig. 3), which proved to be an important refuge for a higher number of species. Largest part of this island is already protected by private initiative, which develops eco-tourism activities in the island, but the specific site, where the mudflats used by shorebirds are found, belongs to a different landowner. The surroundings of this site are used as pasture for cattle. Thus, we recommend

the establishment of a monitoring program on the island to prevent the expansion of land use over the roosting and feeding areas, with resultant harmful human activities. Monitoring should be extended to the southern beach of Paraíba do Norte estuary where we found the greatest flocks of Semipalmated Plover.

## 6 LITERATURE CITED

- ANTAS, P. T. Z. Migration of nearctic shorebirds (Charadriidae and Scolopacidae) in Brasil - flyways and their different seasonal use. **Wader Study Group Bulletin**, v. 39, p. 52-56, 1984.
- ARAUJO, H. F. P.; RODRIGUES, R. C.; NISHIDA, A. K. Composição da avifauna em complexos estuarinos no estado da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 14, n. 3, 249-259, 2006.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Censo de aves limícolas na Coroa do Avião, Pernambuco, Brasil, informações de 1991 a 1992. **Revista Nordestina de Zoologia**, v. 1, n. 1, p. 263-277, 1994.
- AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; DIAS-FILHO, M. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Plumagens e mudas de Charadriiformes (Aves) no litoral de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 18, p. 657-672, 2001.
- BARBIERI, E. Seasonal abundance of shorebirds at Aracaju, Sergipe, Brazil. **Wader Study Group Bulletin**, v. 113, p. 40-46, 2007.
- BARBIERI, E.; HVENEGAARD, G. T. Seasonal occurrence and abundance of shorebirds at Atalaia Nova beach in Sergipe State, Brazil. **Waterbirds**, v. 31, n. 4, p. 636-644, 2008.
- BURGER, J.; OLLA, B. L. **Shorebirds: breeding behavior and populations**. New York: Plenum Publishing, 1984.
- CABRAL, S. A. S.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LARRAZÁBAL, M. E. Abundância sazonal de aves migratórias na Área de Proteção Ambiental de Piaçabuçu, Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 23, n. 3, p. 865-869, 2006.
- HAYMAN, P.; MARCHANT, J.; PRATER, T. **Shorebirds: an identification guide to the waders of the world**. Houghton Mifflin Company, Boston, Massachusetts. 1986.
- KALLIMANIS, A. S.; MAZARIS, A. D.; TZANOPOULOS, J.; HALLEY, J. M.; PANTIS, J. D.; SGARDELIS, S. P. How does habitat diversity affect the specie-area relationship? **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, p. 532-538, 2008.
- KLIMKIEWICZ, M. K.; ROBBINS, C. S. Standard abbreviations for common names of birds. **North American Bird Bander**, v. 3, p. 16-25, 1978.
- 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.
- MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O. **The theory of island biogeography**. Monographs in population biology. Princeton: Princeton University Press, 1967.

MORRISON, R. I. G.; ROSS, R. K. **Atlas of Nearctic shorebirds in the coast of South America**, v. 2. Ottawa: Canadian Wildlife Service Special Publication, 1989.

NASCIMENTO, J. L. X.; LARRAZÁBAL, M. E. Alimentação de aves limícolas em Barra de Cunhaú, Canguaretama, Rio Grande do Norte. **Melopsittacus**, v. 3, n. 3, p. 91-109, 2000.

NEWTON, I. **The migration ecology of birds**. Londres: Academic Press, 2007.

RICKLEFS, R. E.; LOVETTE, I. J. The roles of island area *per se* and habitat diversity in species-area relationships of four Lesser Antillean faunal groups. **Journal of Animal Ecology**, v. 68, p. 1142-1160, 1999.

SCHULZ-NETO, A. **Lista das Aves da Paraíba**. João Pessoa: IBAMA/SUPES-PB, 1995.

TELINO-JÚNIOR, W. R.; AZEVEDO-JÚNIOR, S. M.; LYRA-NEVES, R. M. Censo de aves migratórias (Charadriidae, Scolopacidae e Laridae) na Coroa do Avião, Igarassu, Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 3, p. 451-456, 2003.

WETLANDS INTERNATIONAL. **Waterbird Population Estimates – Fourth Edition**. Wageningen: Wetlands International, 2006.