

RISCO DE COLISÃO DE AVES COM AERONAVES NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE PARNAÍBA, PIAUÍ, BRASIL

Cleiton Oliveira Cardoso, Deimes do Nascimento Gomes, Antonio Gildo Soares dos Santos, Antonio Alves Tavares, & Anderson Guzzi

Universidade Federal do Piauí (UFPI), Curso de Ciências Biológicas, Departamento de Ciências do Mar, Campus Parnaíba, Av. São Sebastião, 2819, Parnaíba, PI, CEP 64202-020, Brasil. *E-mail*: guzzi@ufpi.edu.br

Abstract. – Bird strike risk analysis at the international airport of Parnaíba, Piauí, Brazil. – Several kinds of accidents involving birds and aircrafts occur worldwide, of which many are caused by the availability of attractive items for birds both in the airport and in its surroundings. This work was performed in the Parnaíba International Airport, Brazil, from April 2009 to May 2011. Our aim was to identify the species of birds at the airport with the highest probability of collision with airplanes and to correlate them with the biotic and abiotic parameters present at the airport in order to verify which conditions influence their presence and abundance. One hundred and fifty-two landing and take-off procedures were observed, with 29 cases of interaction with 218 birds belonging to 15 species. We also recorded 11,065 contacts with birds belonging to 48 species across the track and around 2702 contacts with birds from 22 species landing on the runway. Based on these data, the species that are likely to be at highest risk of collisions with airplanes in the Parnaíba International Airport are: *Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancus*, *Athene cunicularia*, *Rosthramus sociabilis*, *Cathartes burrovianus*, *Cathartes aura*, *Sturnella superciliaris*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Nothura maculosa*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Columbina passerina*, *Columba livia*, *Phaetusa simplex*, *Hirundo rustica*, *Charadrius collaris*, *Pitangus sulphuratus*, and *Tyrannus savana*.

Resumo. – Vários tipos de acidentes envolvendo aves e aeronaves ocorrem em todo o planeta, dos quais muitos são provocados pela disponibilidade de itens atrativos para as aves tanto dentro do aeroporto quanto em seu entorno. Este trabalho foi realizado no Aeroporto Internacional de Parnaíba, Brasil, no período de abril de 2009 a maio de 2011. Nosso objetivo foi identificar as espécies de aves no aeroporto com maior probabilidade de colisão com aeronaves e correlacionar as mesmas com os parâmetros bióticos e abióticos presentes no Aeroporto, a fim de verificar que condições influem em sua presença e abundância. Cento e cinquenta e dois procedimentos de pouso e decolagem foram observados, com 29 casos de interação com 218 aves pertencentes a 15 espécies. Também registramos 11,065 contatos com aves pertencentes a 48 espécies cruzando a pista, e cerca de 2702 contatos com aves pertencentes a 22 espécies pousando na pista. Com base nestes dados as espécies que provavelmente constituem maior risco de provocar colisões com aeronaves no Aeroporto Internacional de Parnaíba são: *Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancus*, *Athene cunicularia*, *Rosthramus sociabilis*, *Cathartes burrovianus*, *Cathartes aura*, *Sturnella superciliaris*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Nothura maculosa*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Columbina passerina*, *Columba livia*, *Phaetusa simplex*, *Hirundo rustica*, *Charadrius collaris*, *Pitangus sulphuratus* e *Tyrannus savana*. Aceito em 21 de julho de 2014.

Key words: Bird-aircraft collisions, correspondence analysis, Parnaíba International Airport, Delta of Parnaíba, Piauí, Brazil.

INTRODUÇÃO

O número de colisões entre aeronaves e aves apresenta uma tendência de crescimento a cada ano e tem resultado em danos materiais significativos, colocando em risco centenas de vidas humanas (Infraero 2006). A maior parte das colisões envolvendo aves e aeronaves ocorrem em aeroportos porque frequentemente estes dispõem de abundância de itens alimentares, locais para pouso e nidificação, tanto próximos às pistas de pouso, quanto em áreas de vegetação nativa adjacentes. Aliado a isso, as próprias rotas aeronáuticas estão situadas nas rotas de voo utilizadas diariamente por um grande número de aves (Moeed 1976).

A presença de aves no interior e arredores de aeroportos coloca em risco o trânsito de aeronaves civis e militares, configurando situações conflituosas de uso do espaço aéreo. De fato, desde os primórdios da história da aviação, a colisão com aves tem sido uma das maiores ameaças às aeronaves (Anghileri *et al.* 2005).

Entre 1985 e 2009 foram reportadas ao Centro de Investigações e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) 899 colisões em dez aeroportos nordestinos. Sabe-se que o número de reportes não representa o total absoluto de ocorrências. Estima-se que para cada cinco colisões ocorridas, apenas uma é reportada (Novaes & Alvarez 2010). Somente em 2010 foram reportadas 936 colisões com aves (CENIPA 2010) e em 2011 foram reportadas cerca de 1500 colisões com aves e outros animais (Oliveira & Pontes 2012).

O Comando da Aeronáutica na portaria nº 249/gc5, de 6 de maio de 2011 (que dispõe sobre o Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário - PBGRA nos aeródromos brasileiros) estabelece a "Área de Gerenciamento do Risco Aviário" (AGRA), que corresponde a uma área circular de 20 km de raio, com centro no ponto médio da pista do aeroporto.

A AGRA possui um setor interno, também chamado de núcleo, com raio de 9 km, e um setor externo, compreendido entre o núcleo e o seu limite. Nesta área são realizados levantamento dos focos de atração de aves, com vistas a mitigar sua proliferação nas proximidades dos aeródromos (CENIPA 2011a).

Não existem aeroportos exatamente iguais, portanto, os riscos de acidentes com aves podem variar de aeroporto para aeroporto, mesmo quando suas comunidades de aves são similares. Um dos primeiros passos na redução dos riscos é reconhecer os itens que atraem as aves, como a crescente proliferação de áreas degradadas e a deficiência de saneamento básico próximo aos aeroportos (CENIPA 2011b). Esses fatores agindo em conjunto são responsáveis pela presença de aves nos aeroportos (Godin 1994), e quando aliados ao maior número de voos e aeroportos circundados por cidades com crescimento desordenado, contribuem para o aumento da situação recorrente mais anormal na aviação – a colisão entre aeronaves e aves ou outros animais (Oliveira & Pontes 2012).

Segundo a INFRAERO (2006) os planos de manejo de fauna consistem em eficiente instrumento de gestão aeroportuária, determinando as intervenções necessárias ao controle das aves no interior e entorno dos aeroportos. O primeiro passo na preparação de um programa de gerenciamento do perigo aviário consiste em se fazer um levantamento dos perigos existentes dentro e no entorno do aeródromo (Mendonça 2009), sendo fundamental o monitoramento da avifauna de forma padronizada e replicável, de longo prazo e frequente o suficiente para identificar as tendências sazonais na atividade das aves (migração e reprodução) (Patrick & Shaw 2012).

Diante disso, o objetivo do presente trabalho é identificar as espécies de aves com maior risco de colisão com aeronaves no Aeroporto Internacional de Parnaíba. Tais

informações auxiliarão as autoridades responsáveis na elaboração de medidas mitigatórias buscando a redução desse risco.

MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Aeroporto Internacional de Parnaíba, localizado no município de Parnaíba, Piauí (2°53'35"S, 41°43'54"W; Fig. 1), na Área de Proteção Ambiental Delta do Parnaíba e à cerca de 330 km da capital Teresina. O clima da região é do tipo Aw pela classificação de Koeppen, com estação úmida de janeiro a junho e seca de julho a dezembro. Está situado a cerca de 530 m s.n.m. do rio Igarçu, uma ramificação do rio Parnaíba e a 8 km de sua foz, no litoral do município de Luís Correia, PI (Cardoso *et al.* 2013).

Foram realizadas observações de abril de 2009 a maio de 2011, no período da manhã das 06:00 às 08:00 h. O trabalho foi realizado em 213 dias de campo, totalizando 426 h de observação. Devido ao tamanho da pista (cerca de 2000 m), em cada dia de observação foi realizado um transecto em somente metade de sua extensão (1000 m), de forma que as duas metades da pista foram amostradas em dias de observação alternados. As observações foram realizadas por três pesquisadores, utilizando binóculos 7x35, 20x50 e 8–30x50.

Como critério de ordenamento quanto ao risco de colisão com aeronaves, as aves que interagem de alguma forma com a pista e os procedimentos de pouso e decolagem (cruzam ou pousam sobre a pista e interagem com os voos - voando na frente, ao lado, encima ou embaixo da aeronave) foram ranqueadas seguindo a proposta de Luigi *et al.* (2010), sendo: I. Aves de rapina (1); II. Biomassa superior a 250 gramas (1); III. Comportamento gregário (1); IV. Espécies com mais de três registros/ano em colisão (1); V. Espécies com média de três indivíduos presentes em três das quatro estações do ano (1); VI.

Espécies que ocupam áreas abertas (1); VII. Espécies que reproduzem no aeroporto (1); Total: (7). A nomenclatura das espécies seguiu Gill & Donsker (2014).

Foi aplicada a Análise de Correspondência (CA) para o número de cruzamentos, interações e pousos na pista, a fim de verificar a existência de grupos de aves que se relacionaram com as variáveis supracitadas. A Análise de Correspondência (CA) é uma técnica multivariada de interdependência que facilita tanto a redução dimensional da classificação de objetos em um conjunto de atributos, quanto o mapeamento espacial de objetos relativos a esses atributos (Hair *et al.* 2005).

A influência das variáveis ambientais na composição taxonômica foi analisada através de uma Análise de Correspondência Canônica, ou CCA (Braak 1986) e a significância dos eixos foram testadas através de uma simulação de Monte Carlo. Esse teste de permutação é utilizado em conjunto com o CCA, tendo o objetivo de obter a relação das variáveis ambientais com a abundância de espécies (Digby & Kempton 1996) e requer duas matrizes, uma contendo abundância das espécies e outra com os valores das variáveis ambientais.

Tanto para análise de CA, quanto para a de CCA não foram consideradas as espécies que tiveram frequência de ocorrência entre 1–20%, para isso foi aplicado os critérios adotados por Azevedo *et al.* (2003), que classifica as espécies que estão neste intervalo como espécies raras.

Para verificar a similaridade entre os habitat em relação à quantidade de contatos registrados por cada espécie mensalmente foi aplicada a Análise de Correspondência Descendenciada (DCA) que é derivada da análise de correspondência, porém mais refinada por reduzir a compressão no primeiro eixo, e a distorção no segundo e terceiros eixos (Hill & Gauch 1980).

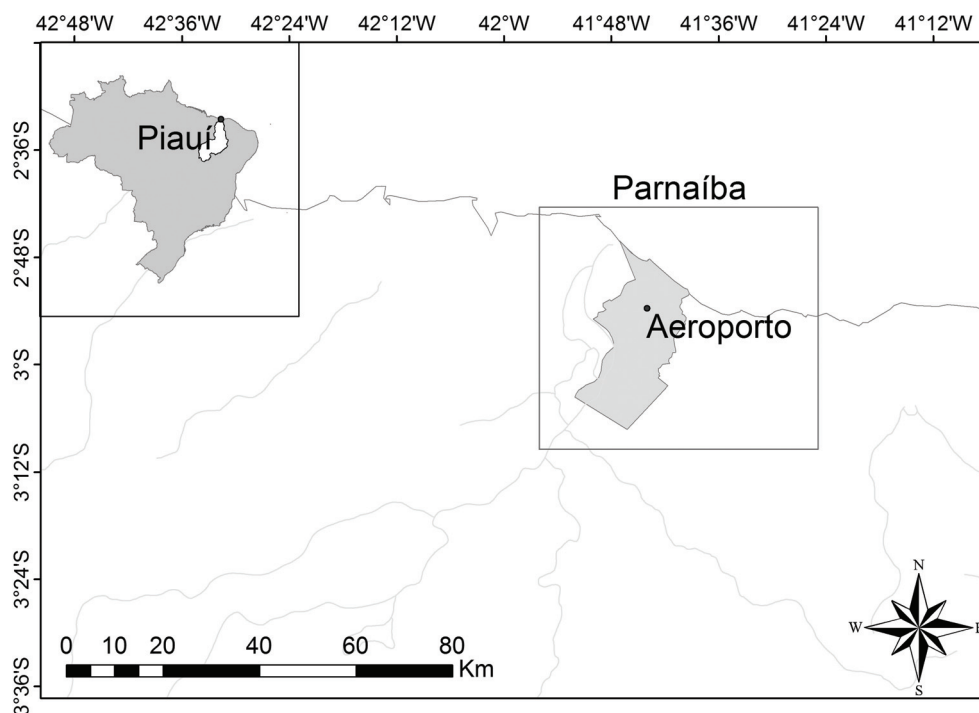


FIG. 1. Localização de Aeroporto Internacional de Parnaíba, Brasil

RESULTADOS

Foram observados 152 procedimentos de pouso e decolagem sendo que em 29 houve interação com 218 indivíduos pertencentes a 15 espécies de aves. Também foram registrados 11.065 contatos com indivíduos pertencentes a 48 espécies cruzando a pista, e aproximadamente 2.702 contatos com indivíduos pertencentes a 22 espécies de aves pousando na pista (Tabela 1).

A partir da Análise de Correspondência (CA) realizada com a variável número de cruzamentos, pousos e interações, foi possível identificar os grupos de aves classificadas quanto ao risco aviário. Os eixos CA1 e CA2 foram responsáveis por 93,02% e 6,97% da variação, respectivamente (Tabela 2). CA1 por ter maior poder de explicação provavelmente foi responsável por dividir os grupos de aves.

De acordo com essa análise foram formados três grupos distintos de aves: o grupo das aves que interagem com voos (*E. thula*, *C. aura* e *Pitangus sulphuratus*), cruzam a pista (*Columba livia*, *Sturnella superciliosa* e *Caracara plancus*) e pousam sobre a pista (*Vanellus chilensis*, *Phaetusa simplex* e *Charadrius colaris*).

Ao analisarmos a média da presença de aves em relação aos meses de observação, pode-se observar uma maior quantidade de aves cruzando a pista do aeroporto nos meses de fevereiro e março de 2011. A maior quantidade de registros de pousos de aves na pista ocorreu nos meses de maio de 2011 e 2009, respectivamente. A maioria dos registros de interação com os voos ocorreu em novembro de 2010, seguido por abril de 2011 (Fig. 2).

Os três tipos de contatos realizados pelas espécies: “cruzar a pista”, “pousar na pista” e “interagir com os voos” foram significativa-

TABELA 1. Espécies de aves registradas no Aeroporto Internacional de Parnaíba, que cruzam e pousam na pista do aeroporto, interagem com aeronaves em procedimentos de pouso e decolagem, sendo também relacionadas segundo escores obtidos a partir dos critérios estabelecidos por Luigi *et al.* (2010).

Taxon	Cruzam a pista		Pousam na pista		Interagem a pista		Escore
	Total	%	Total	%	Total	%	
Família Tinamidae							
<i>Notbura maculosa</i>	14	0,128	1	0,08			4
Família Anatidae							
<i>Dendrocygna viduata</i>	15	0,137					2
Família Ardeidae							
<i>Tigrisoma lineatum</i>	2	0,018					3
<i>Butorides striata</i>	31	0,283					3
<i>Bubulcus ibis</i>	124	1,133			8	3,67	4
<i>Ardea alba</i>	13	0,119					4
<i>Egretta thula</i>	154	1,407	1	0,08	7	3,21	4
Família Phalacrocoracidae							
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	2729	24,93					3
Família Cathartidae							
<i>Cathartes aura</i>	25	0,228	4	0,31	5	2,29	5
<i>Cathartes burrovianus</i>	83	0,758	20	1,59	4	1,83	5
<i>Coragyps atratus</i>	2633	24,057			90	41,28	5
Família Accipitridae							
<i>Elanus leucurus</i>	18	0,164					4
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	87	0,795			1	0,46	5
<i>Heterospizias meridionalis</i>	18	0,164			1	0,46	5
<i>Rupornis magnirostris</i>	2	0,018					4
Família Aramididae							
<i>Aramus guarauna</i>	5	0,046					3
Família Charadriidae							
<i>Vanellus chilensis</i>	286	2,613	491	37,54	27	12,39	5
<i>Charadrius semipalmatus</i>	14	0,128	15	1,15			3
<i>Charadrius collaris</i>	95	0,868	201	15,37	1	0,46	3
Família Jacanidae							
<i>Jacana jacana</i>	8	0,073					3
Família Scolopacidae							
<i>Gallinago paraguaiiae</i>	1	0,009					2
<i>Tringa solitaria</i>	22	0,201	4	0,31			2
Família Laridae							
<i>Sternula superciliaris</i>	9	0,082					2
<i>Phaetusa simplex</i>	156	1,425	150	11,47	2	1,96	4
Família Columbidae							
<i>Columbina passerina</i>	42	0,384					3
<i>Columbina talpacoti</i>	10	0,091					3
<i>Columbina picui</i>	5	0,046					3
<i>Columba livia</i>	532	4,861	22	1,68	15	6,88	4
<i>Zenaida auriculata</i>	3	0,027					2

TABELA 1. Continuação.

Taxon	Cruzam a pista		Pousam na pista		Interagem a pista		Escores
	Total	%	Total	%	Total	%	
Família Cuculidae							
<i>Crotophaga ani</i>	7	0,064					3
<i>Guiraca guiraca</i>	6	0,055	6	0,46			3
Família Strigidae							
<i>Atene cucularia</i>			14	1,07		2,75	6
Família Caprimulgidae					6		
<i>Chordeiles naxos</i>			2	0,15			1
Família Alcedinidae							
<i>Megascops asio</i>	145	1,325					2
<i>Chloroceryle amazona</i>	6	0,055					1
Família Falconidae							
<i>Caracara plancus</i>	284	2,595	65	4,97		0,46	5
<i>Milvago chimachima</i>	14	0,128	5	0,38	1		3
<i>Falco sparverius</i>	13	0,119					3
Família Tyrannidae							
<i>Pitangus sulphuratus</i>	61	0,557	109	8,33		9,17	4
<i>Tyrannus melancholicus</i>	60	0,548	1	0,08	20		4
<i>Tyrannus savana</i>	405	3,7					2
Família Hirundinidae							
<i>Progne subis</i>	3	0,027					4
<i>Hirundo rustica</i>	390	3,563					3
Família Mimidae							
<i>Mimus gilvus</i>	4	0,037					3
Família Passeridae							
<i>Passer domesticus</i>	72	0,658	2	0,15			3
Família Motacillidae							
<i>Anthus lutescens</i>	150	1,37	36	2,75			4
Família Icteridae							
<i>Chrysomitris tristis</i>	230	2,101					1
<i>Molothrus bonariensis</i>	77	0,704					1
<i>Sturnella superciliosa</i>	1881	17,186	159	12,16	30	13,76	4
Total	10945	100	1308	100	218	100	

mente diferentes quanto ao número de contatos ($H = 60,41$, $gl = 2$, $p < 0,001$), sendo que o maior número de contatos foi atribuído às espécies que apresentaram o comportamento de “cruzar a pista”, e *Columba livia* e *Sturnella superciliosa* estão entre as espécies que mais contribuíram para esses contatos. Nessa mesma análise, nas comparações

múltiplas realizadas pelo teste, foi possível constatar que a variável “cruzar a pista”, quando comparada com as variáveis “pousar na pista” e “interagir com voos” apresentou diferenças significativas quanto ao número de contatos, no entanto, o mesmo não ocorreu na comparação entre as variáveis “pousar na pista” e “interagir com voos”.

TABELA 2. Distribuição da contribuição dos valores da análise de correspondência (CA) para os dois primeiros eixos, segundo os grupos de contato com a pista (cruzamentos, pousos, interações), com os autovalores e sua porcentagem para cada eixo.

Variáveis	CA1	CA2
Cruzamentos	-0,34	-0,01
Pousos	0,95	-0,04
Interações	0,27	1,01
Autovalor	0,32	0,02
% Total	93,02	6,97

A análise de correspondência canônica (CCA) aplicada a abundância em relação às variáveis: precipitação pluviométrica, velocidade do vento e temperatura, mostrou que CCA1 explicou 86,53% da variação populacional da avifauna registrada, e CCA2 explicou 13,47% (Tabela 3). De acordo com a análise de CCA foi possível verificar que espécies como: *Phalacrocorax brasilianus*, *Sturnella superciliaris*, *Rostbramus sociabilis*, *Milvago chimachima*, *Caracara plancus* e *Charadrius semipalmatus* são as espécies que estão mais correlacionadas com a variável precipitação, e espécies como *Columba livia*, *Cathartes aura*, *Passer domesticus*, *Nothura maculosa*, *Cathartes burrovianus*, *Pitangus sulphuratus*, *Rupornis magnirostris* e *Athene cunicularia* estão correlacionadas com a variável temperatura e velocidade do vento (Fig. 3).

Ao utilizarmos os critérios propostos por Luigi *et al.* (2010) para o estabelecimento das espécies que oferecem maior risco aviário, a pontuação do nível de risco variou entre um e cinco. As espécies com escore cinco foram: *Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancus*, *Athene cunicularia* e *Rostbramus sociabilis* (Tabela 1). Ao aplicarmos o Índice de similaridade de Jaccard para estes critérios, pode se observar que apenas um grupo coeso foi formado, sendo, portanto, o grupo mais similar entre si, formado pelas variáveis *comportamento gregário* e *presentes em mais de duas amostras*,

seguida das *espécies que utilizam áreas abertas*. Os demais critérios seguiram de forma isolada sem formação de grupos, sendo que a menor similaridade apresentada foi a das aves que são classificadas como *aves de rapina* (Fig. 4).

A relação entre ambientes herbáceo e arbustivo, quanto ao número de contatos registrados mensalmente, foi confirmada através da Análise de correspondência Destendenciada (DCA) (Fig. 5). O ambiente Aquático foi o que apresentou o maior número de contatos (3618 - 32,8%), com uma média de 139,2 contatos por amostragem, seguido do ambiente antrópico (2813 - 25,5%), com uma média de 108,2 contatos por amostra (Fig. 6).

DISCUSSÃO

Apesar de serem relativamente pequenas quando comparadas às aeronaves, as aves podem causar estragos consideráveis no caso de colisão, principalmente devido à alta velocidade das aeronaves, sendo provável que as espécies que representem maior risco sejam as (1) de maior porte, que se agrupam em maior número; (2) que atravessam mais frequentemente a pista de pouso (ou o espaço aéreo) e (3) que pousam na pista (Souza 2003). Neste trabalho foi possível observar que muitas aves como *Sturnella superciliaris*, *Tyrannus savana* e *Hirundo rustica* cruzam a pista do aeroporto em bandos de dezenas de indivíduos, sendo que *Sturnella superciliaris* já havia sido relatada em outros trabalhos como uma espécie abundante, principalmente no período de inverno, o que pode decorrer de agrupamentos pós-reprodutivos e/ou influxos migratórios (Accordi & Hartz 2006).

Através da Análise de correspondência Canônica (CCA) foi possível observar que a variação populacional de espécies como *R. sociabilis* e *P. brasilianus* está relacionada a precipitação, provavelmente pelo fato destas dependerem de ambiente aquático. Tal

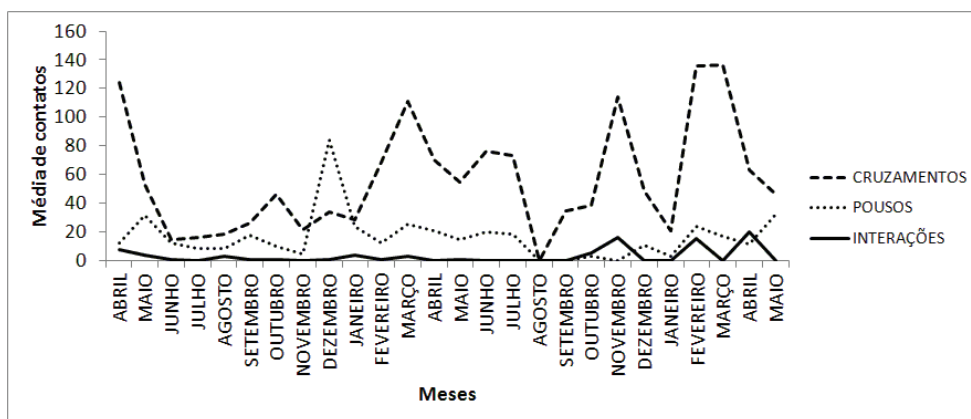


FIG. 2. Média de aves registradas por mês de observação em relação aos pousos na pista, cruzamentos da pista e interações com voos.

TABELA 3. Distribuição da contribuição dos valores da análise de correspondência canônica (CCA) para os dois primeiros eixos, segundo as variáveis abióticas em relação aos meses de amostragem, com os autovalores e sua porcentagem de contribuição para cada eixo.

Variáveis	CCA1	CCA2
Velocidade do vento	-0,850	0,031
Temperatura	-0,830	0,245
Precipitação	0,691	-0,441
Autovalor	0,192	0,030
% Total	86,530	13,470
Monte-Carlo (p-valor)	0,004	0,0348

ambiente sofre alterações no período de estiagem, sendo que grande parte das lagoas que retém água dentro e nos arredores do Aeroporto diminuem o nível d'água drasticamente ou simplesmente secam durante este período. Embora *R. sociabilis* não seja considerada uma ave aquática, ela depende exclusivamente de moluscos para sua nutrição (Sick, 1997). Para Rodrigues & Michelin (2005), as aves são consideradas aquáticas quando utilizam este ambiente para obter seu alimento ou reprodução, e segundo Dolbeer *et al.* (2011) esse grupo de aves está associado às colisões

mais graves com aeronaves, pois somente nos Estados Unidos, de 1990 a 2009, 415 aves se envolveram em colisões com aeronaves, sendo a maioria composta por aves aquáticas pertencentes às famílias Anatidae e Laridae.

A correlação de *C. plancus* com a variável precipitação talvez se deva a resposta a estímulos gerados por ação antrópica, principalmente no período chuvoso, quando a grama se desenvolve, o que culmina com a aparagem desta vegetação no Aeroporto de Parnaíba, onde foram observados indivíduos de *C. plancus* alimentando-se de ovos de *N. maculosa* e de pequenos animais como artrópodes e mamíferos (roedores) esmagados pela ação da passagem dos tratores. Petersen *et al.* (2011) observaram *C. plancus* utilizando áreas de cultivo como local de alimentação, principalmente na época de aragem e preparo da terra, onde foram avistados seguindo tratores a procura de alimento, o que corrobora o observado no presente estudo. Aliado a isso, *C. plancus* é uma espécie onívora (Sick 1997), oportunista e de hábitos generalistas (Sigrist 2009), e segundo Fleming (1972) & O'Connell (1989), o término das chuvas estimula a atividade reprodutiva de pequenos mamíferos

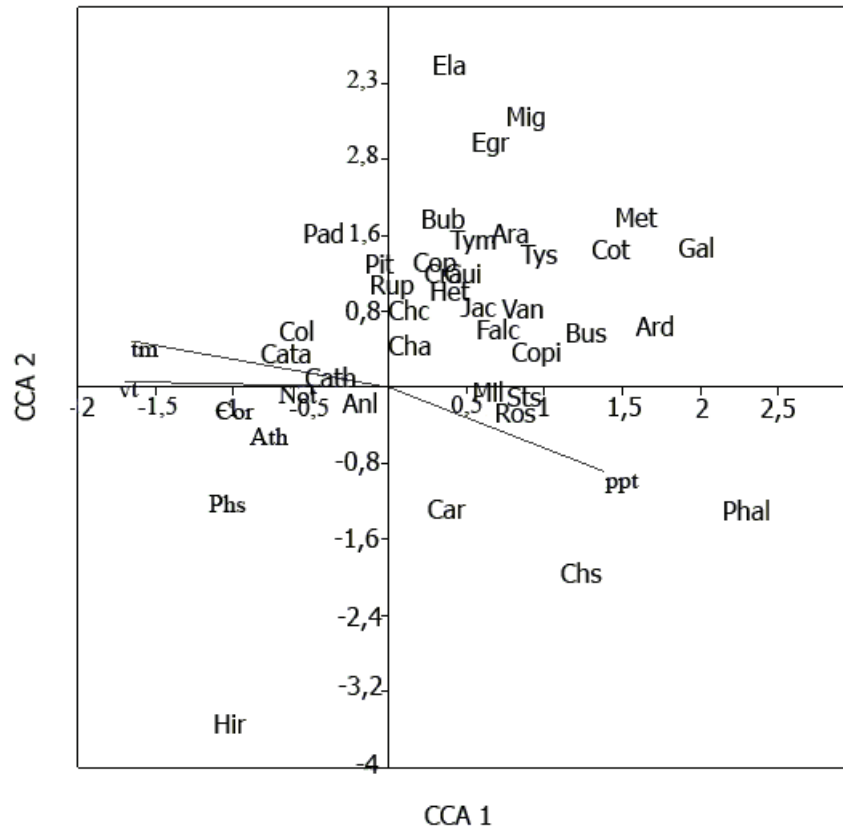


FIG. 3. Diagrama de ordenação da Análise de correspondência canônica (CCA) para a assembleia de aves do Aeroporto de Parnaíba, PI em relação às variáveis ambientais: temperatura (tm), precipitação pluviométrica (ppt) e velocidade do vento (vt). Legenda: Anl = *Anthus lutescens*; Ara = *Aramus guarauna*; Ard = *Ardea alba*; Ath = *Athene cunicularia*; Bub = *Bubulcus ibis*; Bus = *Butorides striata*; Car = *Caracara plancus*; Cata = *Cathartes aura*; Cath = *Cathartes burrovianus*; Cha = *Chloroceryle amazona*; Chc = *Charadrius collaris*; Chs = *Charadrius semipalmatus*; Col = *Columba livia*; Cop = *Columbina passerina*; Copi = *Columbina picui*; Cor = *Coragyps atratus*; Cot = *Columbina talpacoti*; Egr = *Egretta thula*; Ela = *Elanus leucurus*; Falc = *Falco sparverius*; Gal = *Gallinago paraguanae*; Gui = *Guirã guirã*; Het = *Heterospizias meridionalis*; Hir = *Hirundo rustica*; Jac = *Jacana jacana*; Met = *Megaceryle torquata*; Mig = *Mimus gilvus*; Mil = *Milvago chimachima*; Not = *Nothura maculosa*; Pad = *Passer domesticus*; Phal = *Phalacrocorax brasilianus*; Phs = *Phaetusa simplex*; Pit = *Pitangus sulphuratus*; Ros = *Rostrhamus sociabilis*; Rup = *Rupornis magnirostris*; Sts = *Sturnella superciliaris*; Tym = *Tyrannus melancholicus*; Tys = *Tyrannus savanna*; Van = *Vanellus chilensis*.

e está relacionada a maior abundância de artrópodes, que são os principais itens na dieta dessas aves (Pinheiro *et al.* 2002).

A análise de CCA registrou apenas uma espécie de ave limícola (*C. semipalmatus*) associada à velocidade do vento e temperatura. A

variável velocidade do vento, chuva, baixas temperaturas e ventos fortes elevam a taxa metabólica e o aumento da perda de calor em aves limícolas (Piersma 1994, Wiersma & Piersma 1994) e suas presas (invertebrados) tornam-se menos disponíveis devido a en-

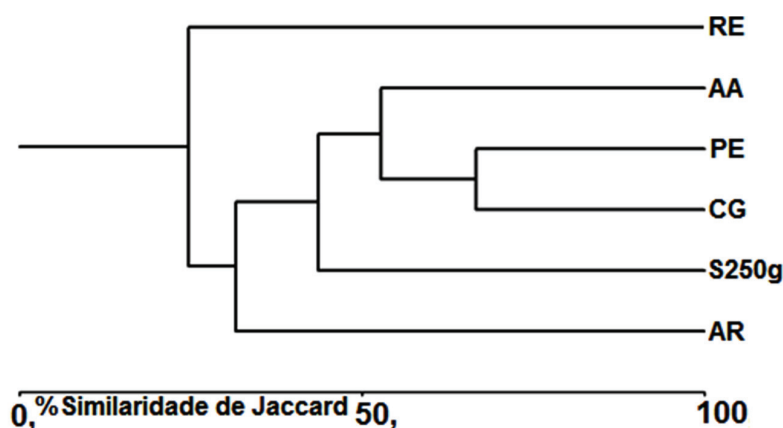


FIG. 4. Dendrograma de similaridade baseado no Índice de Jaccard para os atributos de risco, segundo Luigi *et al.* (2010), em relação às espécies registradas no Aeroporto de Parnaíba, PI. Legenda: AA = Espécies que ocupam áreas abertas, AR = Aves de rapina, CG = Comportamento gregário, PE = Espécies com média de três indivíduos presentes em três das quatro estações do ano, RE = Espécies que reproduzem no aeroporto, S250g = Biomassa superior a 250 gramas.

terrarem-se mais profundamente nos sedimentos, sendo também menos ativas (Evans 1979, Pienkowski 1983, Zwarts & Wanink 1993).

As três espécies de aves necrófagas pertencentes a família Cathartidae foram associadas a variável vento. Shepard & Lambertucci (2013) afirmam que a capacidade de muitos animais em explorar suas fontes alimentares depende do deslocamento, e para as aves necrófagas, que usam o voo para localizar e explorar recursos efêmeros, o custo e a velocidade do movimento variam de acordo com fatores meteorológicos. Estes fatores modificam a natureza das interações interespecíficas, bem como a capacidade de circulação individual, embora os primeiros sejam menos conhecidos.

A maior quantidade de registros de aves, no que diz respeito a interações com a pista de pouso e com os voos, foi realizada durante o período chuvoso. *Bubulcus ibis* e *Egretta thula*, por exemplo, são abundantes quando as lagoas presentes no aeroporto estão cheias, formando bandos mistos, e diminuem consi-

deravelmente na estação seca. Della Bella & Azevedo-Júnior (2004) estudaram a biologia reprodutiva e alimentar de *B. ibis*, comentando que os deslocamentos desta espécie no nordeste podem estar relacionados à sazonalidade dos períodos de chuva que podem constituir um fator determinante da presença de alimento. Por outro lado, novembro de 2010, mês em que não é comum a precipitação de chuva na região, foi o período em que ocorreu o maior número de interações com aeronaves.

Owino *et al.* (2004) relacionaram a sazonalidade da avifauna ao risco aviário, explicando a elevação dos incidentes durante a estação úmida de três modos: primeiro, a maioria das aves procriam durante a estação chuvosa, com aumento da atividade; segundo, as chuvas formam lagoas temporárias, onde há uma consequente proliferação de vida aquática, atraindo diversas espécies de aves e terceiro, os maiores riscos são provocados pela inexperiência de voo de aves jovens. Moeed (1976) também identificou a ocorrência de diferenças sazonais na composição da avifauna do Aeroporto Internacional da Nova Zelândia, conside-

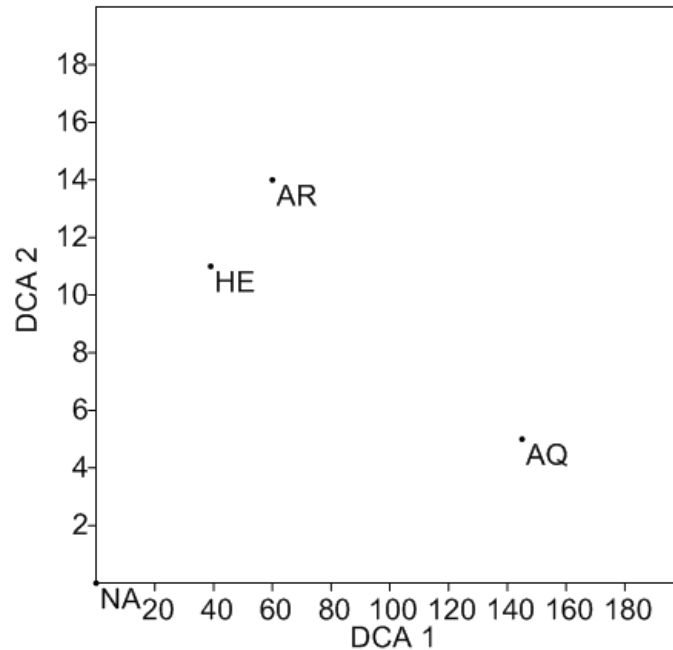


FIG. 5. Análise de Correspondência Destendenciada (DCA) do número de contatos com aves para cada ambiente em relação aos meses amostrais. Legenda: He = Herbáceo, AR = Arbustivo, AQ = Aquático, NA = Antrópico.

rando algumas aves que ocorriam a maior parte do ano como residentes e as demais como visitantes sazonais.

Novaes & Alvarez (2010), em uma análise de colisões envolvendo aves e aeronaves em aeroportos nordestinos, verificaram que, provavelmente, devido à estabilidade climática não ocorreu grande variação no número de incidentes envolvendo aves nos aeroportos do Nordeste do Brasil. Esses autores destacaram a importância da análise dos relatórios, identificando as espécies de aves envolvidas nas colisões, pois são a partir dessas informações que medidas podem ser elaboradas e implementadas visando a redução do risco aviário.

Segundo os critérios proposto por Luigi *et al.* (2010) para o estabelecimento das espécies de aves que oferecem maior risco aviário, as que apresentaram maior pontuação foram: quero-quero (*Vanellus chilensis*), urubu-de-

cabeça-preta (*Coragyps atratus*), caracará (*Caracara plancus*), coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) e gavião-caramujeiro (*Rostbramus sociabilis*). Os dados obtidos para as quatro primeiras espécies corroboraram os dados de colisões reportados ao Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos (CENIPA) em 2010.

Ao compararmos estes dados com os de sobrevoos e pousos de aves sobre a pista e com as interações destas com as aeronaves (Tabela 1), observamos diferenças entre os dados destes registros em relação aos obtidos a partir dos critérios para classificação do risco aviário. *Caracara plancus*, por exemplo, obteve o maior escore, juntamente com outras quatro espécies (*Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Athene cunicularia* e *Rostbramus sociabilis*), sendo, no entanto a 8ª espécie em números de sobrevoos sobre a pista, a 14ª em

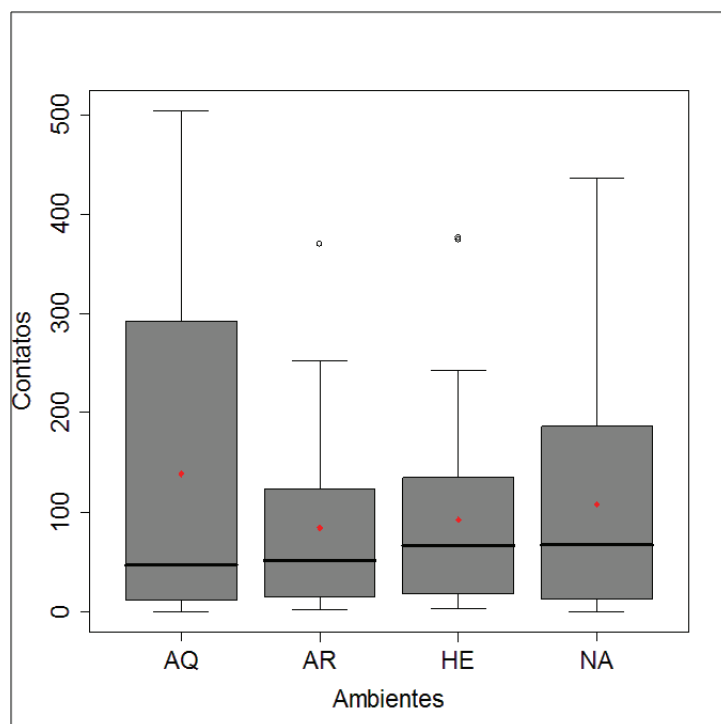


FIG. 6. Número total de contatos com aves para cada ambiente dentro do Aeroporto. Legenda: AQ = Aquático, AR = Arbóreo, HE = Herbáceo, NA = Antrópico.

interação com aeronaves e a 6^a em pousos sobre a pista. *V. chilensis* foi a 7^a espécie que mais cruzou a pista, a terceira em interação com os voos e a que mais pousa na pista.

Coragyps atratus foi a 2^a que mais cruzou a pista e a 1^a em interação com aeronaves em procedimento de pouso e decolagem. Não foram registrados pousos desta espécie sobre a pista, pois ficava restrita à área externa ao sítio aeroportuário, sendo observada em poleiros ou voando. Segundo Pessoa Neto *et al.* (2006), estas aves pesam cerca de 1,6 kg e são responsáveis pela maioria das colisões com aeronaves no Brasil. De acordo com a Comissão de Controle de Perigo Aviário do Brasil (CENIPA 2011b) quase 50% das colisões no Brasil em que a espécie pode ser identificada foram causados por *Coragyps atratus*.

Athene cunicularia foi à 11^a em pouso sobre a pista e a 8^a em interação com voos. Esta interação para a espécie está associada principalmente ao comportamento agonístico observado durante a aproximação das aeronaves. *R. sociabilis* foi o 16^o em sobrevoos sobre a pista e o 12^o em interação com os voos. A espécie não foi observada pousando na pista e os sobrevoos foram observados somente durante a ocorrência do caramujo do gênero *Pomacea*, seu principal recurso alimentar. A espécie cruzava a pista frequentemente em busca de áreas alagadas onde existiam caramujos, voltando em seguida para seu poleiro onde os consumia. Esta espécie provavelmente constitui potencial risco de colisão durante o período chuvoso, quando possui abundância de recurso alimentar.

Para Soldatini *et al.* (2009) mesmo conhecendo a biologia de muitas espécies é difícil criar um modelo de sua dinâmica, considerando as diferentes respostas de diferentes espécies para as mesmas condições ambientais. Godim (1994) afirma que não existem aeroportos exatamente iguais, mesmo as assembleias de aves sendo particularmente similares. Nascimento *et al.* (2005) comentam que a diversidade de aves no Brasil inclui espécies adaptadas as mais diversas alterações ambientais, o que dificulta a adoção de métodos de manejo padronizados e eficazes para afugentar, de forma geral, todas as espécies e em particular as que oferecem maiores riscos de colisão.

Para Pereira (2008) o levantamento de dados relacionados aos índices de colisões entre aves e aeronaves é de suma importância para possibilitar a visualização de análises de tendências e projeções futuras, sendo possível auxiliar as autoridades responsáveis na tomada de medidas que venham mitigar o risco aviário. No Aeroporto Internacional de Parnaíba foi observada a ocorrência de espécies comumente envolvidas em colisões com aeronaves. O fato de não termos observado incidentes entre aves e aeronaves (exceto um incidente com *Nothura maculosa*), provavelmente é devido ao baixo tráfego aéreo neste aeroporto. Um aumento no número de voos demanda um plano de manejo da avifauna que venha evitar ou mitigar a ocorrência de incidentes.

Ficou evidente a partir da análise de DCA, que as aves relacionadas aos ambientes antrópicos e aquáticos são as mais frequentes e com maior número de contatos no Aeroporto de Parnaíba. Godim (1994), afirma que a presença de lagoas temporárias em aeroportos constitui um importante fator atrativo para várias espécies de aves, que utilizam o ambiente como local de alimentação, descanso ou reprodução, e aliado a isso, a crescente proliferação de áreas degradadas com a

deficiência de saneamento básico próximo aos aeroportos também propicia a incidência e permanência de muitas aves, favorecendo principalmente as generalistas e detritívoras, como *Coragyps atratus* (CENIPA 2011b, Cardoso *et al.* 2013).

Com base nestes dados as espécies que provavelmente constituem maior risco de provocar colisões com aeronaves no Aeroporto Internacional de Parnaíba são: *Vanellus chilensis*, *Coragyps atratus*, *Caracara plancus*, *Athene cunicularia*, *Rosthramus sociabilis*, *Cathartes burrovianus*, *Cathartes aura*, *Sturnella superciliaris*, *Bubulcus ibis*, *Egretta thula*, *Nothura maculosa*, *Phalacrocorax brasilianus*, *Columbina passerina*, *Columba livia*, *Phaetusa simplex*, *Hirundo rustica*, *Charadrius collaris*, *Pitangus sulphuratus* e *Tyrannus savana*.

AGRADECIMENTOS

Ao Sr. José Ivan Vieira Magalhães, Superintendente da INFRAERO, pela autorização concedida para a realização deste trabalho no Aeroporto Internacional de Parnaíba. Ao CNPq pelo apoio na realização deste trabalho e aos revisores pelas excelentes sugestões que ajudaram a melhorar esse manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Accordi, I. A., & S. M. Hartz. 2006. Distribuição espacial e sazonal da avifauna em uma área úmida costeira do sul do Brasil. *Rev. Bras. Ornit.* 14: 117–135.
- Anghileri, M., L. M. Castelletti, & V. Mazza. 2005. Bird strike: approaches to the analysis of impacts with penetration. *WIT Trans. Eng. Sci.* 49: 65–74.
- Azevedo, M. A. G., D. A. Macahdo, & J. L. B. Albuquerque. 2003. Aves de rapina na Ilha de Santa Catarina, SC: composição, frequência de ocorrência, uso de habitats e conservação. *Rev. Bras. Ornit.* 11: 75–81.
- Blokpoel, H. 1976. *Bird hazards to aircraft*. Books Canada, Inc., Buffalo, New York, USA.

- Braak, C. J. F. T. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67: 1167–1179.
- Cardoso, C. O., A. G. S. Santos, D. N. Gomes, A. A. Tavares, & A. Guzzi. 2013. Análise e composição da avifauna no Aeroporto Internacional de Parnaíba, Piauí. *Ornithologia* 6: 89–101.
- CENIPA. 2010. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Perigo aviário e fauna risco aviário. Disponível em http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/21/Risco_Aviário_2010.pdf. Acesso em: 08 de abril de 2014.
- CENIPA. 2011a. Plano Básico de Gerenciamento do Risco Aviário (PBGRA) Disponível em http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/205/PCA_3-2_PBGRA.pdf [Acesso em 08 de abril de 2014].
- CENIPA. 2011b. Comando da Aeronáutica. Centro de Investigação e Prevenção de Acidentes Aeronáuticos. Perigo aviário e fauna. Disponível em <http://www.cenipa.aer.mil.br/cenipa/Anexos/article/219/Apostila%20CBP-AA%20%20Risco%20Avi%C3%A1rio%20e%20Fauna.pdf> [Acesso em 05 de julho de 2010].
- Della Bella S., & S. M. Azevedo-Júnior. 2004. Considerações sobre a ocorrência da garça-vaqueira, *Babulcus ibis* (Linnaeus) (Aves, Ardeidae), em Pernambuco, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 21: 57–63.
- Digby, P. G. N., & R. A. Kempton. 1996. Multivariate analysis for ecological communities. Chapman & Hall, London, UK.
- Dolbeer, R. A., S. E. Wright, J. R. Weller, & M. J. Begier. 2011. Wildlife strikes to civil aircraft in the United States 1990–2009. U.S. Department of Transportation, Federal Aviation Administration, National Wildlife Strike Database Serial Report Number 13. Office of Airport Safety and Standards, Airport Safety and Certification, Washington, D.C., USA.
- Evans, P. R. 1979. Adaptations shown by foraging shorebirds to cyclical variations in the activity and availability of their intertidal invertebrate prey. Pp. 357–367 *em* Naylor, E., & R. G. Hartnoll (eds). *Cyclic phenomena in marine plants and animals*. Pergamon Press, Oxford, UK.
- Fleming, T. H. 1972. The reproductive cycles of three species of opossums and other mammals in the Panama Canal Zone. *J. Mammal.* 54: 439–439.
- Gill, F., & D. Donsker. 2014. IOC world bird names (version 4.1) Disponível em <http://www.worldbirdnames.org/> [Acesso em 22 de março de 2014].
- Godin, A. J. 1994. Birds at airports: Prevention and control of wildlife damage. Disponível em http://www.icwdm.org/handbook/birds/bird_e1.pdf [Acesso em 20 de dezembro de 2010].
- Hair Jr, J. F., R. E. Anderson, R. L. Tatham, & W. C. Black. 2005. Análise multivariada de dados. 5 ed. Bookman, Porto Alegre, Brasil.
- Hill, M. O., & H. G. Gauch. 1980. Detrend correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47–58.
- INFRAERO. 2006. Primeiro relatório de comunicação de progresso. Disponível em <http://www.infraero.gov.br/images/stories/Infraero/Contas/GlobalCompact/20042006.pdf> [Acesso em 28 de janeiro de 2014].
- Luigi, G., V. S. Fonseca, F. H. Moura, & A. Iob. 2010. Metodologia de controle e redução da incidência de aves em aeroportos no Brasil. Pp. 429–439 *em* Von Mater, S., F. C. Straube, I. A. Accordi, V. Q. Piacentini, & J. F. Cândido-Junior (eds). *Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento*. Technical Books, Rio de Janeiro, Brasil.
- Mendonça, F. A. C. 2009. Gerenciamento do perigo aviário em aeroportos. *Rev. Con. SIPAER* 1: 153–174.
- Moed, A. 1976. Birds and their food resources at Christchurch International Airport, New Zealand. *N. Z. J. Zool.* 3: 373–379.
- Murton, R. K. 1971. *Man and birds*. Collins, London, UK.
- Nascimento, I. L. S., A. Schulz Neto, V. S. Alves, M. Maia, M. A. Efe, W. R. Telino, Jr. & M. F. Amaral. 2005. Diagnóstico da situação nacional de colisões de aves com aeronaves. *Ornithologia* 1: 93–104.
- Novaes, W. G., & M. R. D. V. Alvarez. 2010. O perigo aviário em aeroportos do nordeste do Brasil: análise das colisões entre aves e aviões entre os anos de 1985 e 2009. *Rev. Con. SIPAER* 1: 47–68.

- O'Connell, M. A. 1989. Population dynamics of Neotropical small mammals in seasonal habitats. *J. Mammal.* 70: 532–548.
- Oliveira, H.R.B., & F.O. Pontes. 2012. Risco aviário e resíduo sólido urbano: a responsabilidade do poder público municipal e as perspectivas futuras. *Rev. Con. SIPAER* 3: 189–208.
- Owino, A., N. Biwott, & G. Amutetel. 2004. Bird strike incidents involving Kenya Airways flights at three Kenyan airports, 1991–2001. *Afr. J. Ecol.* 42: 122–128.
- Patrick, K. & P. Shaw. 2011. Bird strike hazard management programs at airports – what works? Disponível em <http://www.ipev.cta.br/ssv-apresentacoes/2012/Artigos/SSV%202012%20S9A1%20%20Bird%20Strike%20Hazard%20Management%20Programs%20at%20Airports%20%E2%80%93%20What%20Works.pdf> [Acesso em 09 de abril de 2014].
- Pessoa Neto, J. A., E. R. Tschá, & M. X. P. Filho. 2006. Controle do perigo aviário causado por aves com adoção de medidas mitigadoras. XLIV Congresso da SOBER (Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural), Fortaleza, Brasil.
- Petersen, E. S., M. V. Petry, & L. K. Garcia. 2011. Utilização de diferentes habitats por aves de rapina no sul do Brasil. *Rev. Bras. Ornitol.* 19: 376–384.
- Pereira, J. 2008. Perigo aviário diante da conexão dos direitos ambientais e aeronáuticos. Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização, Univ. de Brasília, Brasília, Brasil.
- Pienkowski, M. W. 1983. The effect of environmental conditions on feeding rates and prey selection of shore plovers. *Ornis Scand.* 14: 227–238.
- Piersma, T., & A. Lindström. 2004. Migrating shorebirds as integrators of global environmental information. *Ibis* 146: 61–69.
- Piersma, T. 1994. Close to the edge: energetic bottlenecks and the evolution of migratory pathways in Knots. De Volharding, Amsterdam, The Netherlands.
- Pinheiro, P. S., F. M. V. Carvalho, F. A. S. Fernandez, & J. L. Nessimian. 2002. Diet of the marsupial *Micoureus demerarae* in small fragments of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Stud. Neotrop. Fauna Environ.* 37: 213–218.
- Rodrigues, M., & V. B. Michelin. 2005. Riqueza e diversidade de aves aquáticas de uma lagoa natural no sudeste do Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 22: 928–935.
- Shepard, E. L. C., & S. A. Lambertucci. 2013. From daily movements to population distributions: weather affects competitive ability in a guild of soaring birds. *J. R. Soc. Interface* 10, doi: 10.1098/rsif.2013.0612.
- Sick, H. 1997. *Ornitologia Brasileira*. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, Brasil.
- Sigrist, T. 2009. *Avifauna brasileira: descrição das espécies*. São Paulo. 1ª ed. Avis Brasilis, São Paulo, Brasil.
- Soldatini, C., V. Georgalas, P. Torricelli, & Y. V. Albores-Barajas. 2009. An ecological approach to birdstrike risk analysis. *Eur. J. Wildl. Res.* 56: 623–632.
- Solman, V. E. F. 1973. Birds and aircraft. *Biol. Conserv.* 5: 79–86.
- Souza, C. A. F. 2003. Controle do perigo aviário nos aeroportos pela gestão dos fatores de atração de aves. Dissertação de mestrado, Univ. de Brasília, Brasília, Brasil.
- Thomas, G. J. 1972. A review of gull damage and management methods at nature reserves. *Biol. Conserv.* 4: 117–127.
- Wiersma, P., & T. Piersma. 1994. Effects of microhabitat, flocking, climate and migratory goal on energy expenditure in the annual cycle of Red Knots. *Condor* 96: 257–279.
- Zwarts, L., & J. H. Wanink. 1993. How the food supply harvestable by waders in the Wadden Sea depends on the variation in energy density, body weight, biomass, burying depth and behaviour of tidal-flat invertebrates. *Neth. J. Sea Res.* 31: 441–476.

