



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

Larissa Donida Biasotto

**Comportamento de voo de aves de diferentes famílias em resposta ao
uso de sinalizadores em linhas de transmissão de energia.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas

Porto Alegre

2014

Larissa DonidaBiasotto

Comportamento de voo de aves de diferentes famílias em resposta ao uso de sinalizadores em linhas de transmissão de energia.

Trabalho de Conclusão de Curso de Ciências Biológicas redigido em forma de artigo conforme normas da *Revista Brasileira de Ornitologia*. As normas foram seguidas com exceção das figuras e tabelas, as quais foram inseridas no próprio texto para facilitar a leitura e compreensão.

Orientador: Prof. Dr. Andreas Kindel

Co-orientador: M.Sc. André Silveira Barcelos

Banca examinadora: Glayson Bencke

Jan Karel Felix Mahler Jr

Porto Alegre

2014

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prof. Andreas Kindel, meu orientador, por ter aceitado este desafio, por toda sua paciência, atenção e conhecimento. Ao André Silveira Barcelos pela co-orientação, disponibilização dos dados e conversas, que muito contribuíram para este trabalho e para minha formação profissional. Ao Núcleo de Assessoria Estatística da UFRGS (NAE) pela assistência prestada com a análise. À Gabriele Volkmer pela amizade e aprendizado diário que me proporcionou. Ao Guilherme pelos conselhos e incentivos, que foram muito importantes. Aos meus pais, Paulo e Beatriz, que mesmo de longe me apoiaram e me deram muito amor. As minhas irmãs, Lívia e Liége, por estarem sempre ao meu lado, e aos amigos pelo carinho e compreensão de sempre.

Comportamento de voo de aves de diferentes famílias em resposta ao uso de sinalizadores em linhas de transmissão de energia.

Larissa D. Biasotto^{1, 2}; André S. Barcelos¹ & Andreas Kindel¹

¹ Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43422, 91501-970 Porto Alegre, RS, Brasil.

²Autor correspondente: larissabiasotto@hotmail.com

Abstract: The continuous growth in the energy sector demands modifications in the landscape that include the installation of new power lines. Besides suffer with fragmentation and the lost of habitats, the birds are also exposed to the risk of death by collisions with these structures. With the intention of minimize this risk, avian markers are installed in the groundwires of transmissions lines. The study was conducted in the northern coast of Rio Grande do Sul - Brazil, in a power line marked with a device spiral - Swan -Flight™ Diverter - and aimed to verify the existence of alterations on the behavior of flight in the bird's families through the characterization of their flights. The Chi-square test ($P < 0.05$) was used, conducted in IBM® SPSS® program. Of the analyzed families (19) only Psittacidae and Hirundinidae showed change behavior in the presence of markers for some of the analyzed variables. Despite the signs of groundwire be indicated as the most appropriate measure to mitigate bird mortality caused by transmission lines, our results did not reveal this when evaluated at the family level. In conclusion, we recommend the application of different sample designs that take into account environmental variations and bird composition. These factors will help the choice of the most effective marker for each specific case.

Key- words: Collision risk ; High voltage power lines; Hirundinidae; Mitigation; Psittacidae

Resumo: O crescimento contínuo no setor energético requer modificações nas paisagens que incluem a instalação de novas linhas de transmissão (LTs) e distribuição de energia. Além de sofrerem com a fragmentação e perda de seus habitats as aves também estão expostas a riscos de morte por colisão com essas estruturas. Com o intuito de minimizar esse risco, sinalizadores de avifauna são colocados nos cabos para-raios das LTs. O estudo ocorreu no litoral norte do Rio

Grande do Sul – Brasil, em uma LT sinalizada com um dispositivo em espiral do tipo Swan - Flight™ Diverter e buscou verificar a existênciada alteração no comportamento de voo das famílias de aves por meio da caracterização de seus voos. A análise utilizada foi o teste Qui-Quadrado ($P < 0.05$), realizada no programa IBM® SPSS®. Das famílias analisadas (19) somente Hirundinidae e Psittacidae apresentaram alteração do comportamento de voo na presença dos sinalizadores para algumas das variáveis estudadas. Apesar da sinalização dos cabos para-raios ser indicada como a medida mais apropriada para a mitigação da mortalidade de aves causada por linhas de transmissão, nossos resultados não revelaram isso quando avaliados em nível de família. Como conclusão, recomendamos que diferentes desenhos amostrais sejam aplicados e que levem em conta as diferenças ambientais, da composição da avifauna e também diferentes combinações de medidas mitigadoras. Esses fatores auxiliarão na escolha de um sinalizador mais eficaz para cada caso específico.

Palavras-chave: Linhas de alta tensão; Hirundinidae; Mitigação; Psittacidae; Risco de colisão.

Introdução

O crescimento contínuo no setor energético requer modificações nas paisagens que incluem a instalação de novas linhas de transmissão e distribuição de energia. Segundo Jenkins *et al.* (2010), o número de linhas de energia elétrica no mundo aumenta a uma taxa de 5% a cada ano. Essas linhas acabam por formar redes complexas que passam pelos mais diversos tipos de ambientes, entre eles alguns de extrema relevância para a avifauna, como corredores ou rotas de voo regulares entre áreas de alimentação e dormitório, os quais possuem grande tráfego de aves (Scott *et al.* 1972, Crivelli *et al.* 1988).

De todos os grupos que podem ser afetados pela implantação de linhas de transmissão (LTs), as aves são as que sofrem maior impacto (Avery *et al.* 1978). Além de sofrerem com a fragmentação e perda de seus habitats, também estão expostas a riscos de morte por eletrocussão e por colisão com as estruturas desses empreendimentos (Drewitt & Langston 2008, Shaw *et al.* 2010). Linhas de transmissão são uma das principais causas da morte de aves por colisão com obstáculos artificiais (Erickson *et al.* 2005, Drewitt & Langston 2008), constituindo um problema de conservação principalmente para pequenas populações (Bevanger 1998).

Embora a preocupação com essa interação entre aves e LTs date desde o século passado (Michener 1928 apud Bevanger 1994), as pesquisas sobre essa temática ainda são pouco expressivas. No entanto, o número de publicações com essa abordagem tem aumentado principalmente nas últimas quatro décadas, abrangendo diferentes continentes como Europa (Scott *et al.* 1972, Alonso *et al.* 1994, Janss & Ferrer 1998, Janss 2000, Bevanger & Broseth 2001, Rubolini *et al.* 2005, Barrientos *et al.* 2012), África (Shaw *et al.* 2010, Jenkins *et al.* 2010), América do Norte (Brown & Drewien

1995, Savereno *et al.* 1996, Rioux *et al.* 2013, Sporer *et al.* 2013), América do Sul (De La Zerda & Rosseli 2003, Raposo 2013), por exemplo. No Brasil, as pesquisas publicadas acerca desse assunto ainda são bastante escassas. Em geral, trabalhos sobre colisão de aves com estruturas de LTs estão limitados a estudos de impacto ambiental (Raposo 2013).

Em comparação com outras classes de vertebrados, as aves exibem uma considerável homogeneidade na sua morfologia externa (Rayner 1988). Contudo, a relação entre tamanho, peso e morfologia da asa é diferente entre as famílias, e, portanto, o comportamento de voo das mesmas também difere devido às restrições mecânicas impostas pela adaptação ao voo (Rayner 1988). Mesmo tendo recebido menos atenção nas pesquisas, a investigação da fisiologia, capacidade aerodinâmica, comportamento, morfologia e história de vida são necessárias para a compreensão das colisões com linhas de transmissão (Bevanger 1994, 1998). Bevanger (1998) e Janss (2000) mostraram que tamanho, forma do corpo e padrão comportamental de voo são características associadas ao risco de colisão.

As colisões das aves com as LTs acabam sendo o resultado da combinação dessas variáveis biológicas com outros elementos ambientais da área e de seu entorno (Bevanger 1994). Aspectos topográficos como declividade do terreno e tipo de vegetação (contrastante ou não com os cabos), aspectos meteorológicos que incluem direção do vento, neblina e precipitação (podem ocasionar a fraca visibilidades dos cabos) e aspectos técnicos como o design das LTs, orientação e a proximidade das linhas com corpos d'água devem ser levados em conta na hora da avaliação do risco de colisão (Bevanger 1994, Bevanger & Broseth 2001, Shaw *et al.* 2010).

Com o intuito de minimizar esse risco de colisões, diferentes medidas mitigatórias foram propostas como: o re-planejamento da localização de linhas, a fim de formar corredores para o voo das aves (Scott *et al.* 1972), instalação de cabos subterrâneos, alterações no design de torres (Bevanger1994), linhas com diferentes níveis de cabos para-raios ou com a remoção dos mesmos (Alonso *et al.* 1994, Bevanger & Broseth 2001) e a sinalização de para-raios com diferentes dispositivos (Scott *et al.* 1972, Alonso *et al.* 1994, Brown & Drewien 1995, Savereno *et al.* 1996, Janss & Ferrer 1998, De La Zerda & Rosselli 2003, Barrientos *et al.* 2012).

Os para-raios têm com função reduzir a probabilidade de cair uma descarga elétrica direta, como um raio, nos condutores de fase. Levando-se em consideração custo e garantia de um fornecimento de energia seguro e contínuo, a sinalização desses cabos tem sido indicada como a forma mais apropriada para a mitigação da mortalidade de aves causada por essas estruturas (Alonso *et al.* 1994, Jenkins *et al.* 2010). Esses dispositivos de sinalização visam aumentar a visibilidade dos cabos pelas aves e proporcionar mais tempo para as mesmas evitarem a colisão (Alonso *et al.* 1994, Janss 2000). Embora exista uma grande variedade de sinalizadores já testados, é importante salientar que poucos trabalhos comparam a eficiência entre eles (Barrientos *et al.* 2011) a fim de se identificar qual seria o mais adequado para a redução das colisões em um determinado ambiente ou para a conservação de uma espécie ou família a se priorizar.

Considerando que diferentes famílias possuem padrões comportamentais de voo distintos, nosso objetivo é avaliar se essas famílias alteram características do seu voo (direção, altura e proximidade em relação aos cabos) ao atravessarem as linhas de transmissão com e sem sinalizadores.

Métodos

Área de estudo

O estudo foi conduzido no litoral norte do Rio Grande do Sul – Brasil. Essa região é de fundamental importância para a avifauna, apresentando um sistema de lagoas e banhados (Tomazzeli & Villwock 1991) que serve de abrigo para muitas espécies aquáticas, inclusive migratórias, que usam esse sistema e a costa do litoral como ponto de descanso, alimentação e corredor migratório (Costa & Sander 2008, Mäder 2011). O clima da região é subtropical com temperaturas médias anuais entre 17,5°C e 20° C e precipitação média anual variando entre 1.200 mm e 1.700 mm (Justus 1986).



Figura 1. Trecho sinalizado da LT – PET. Flechas pretas apontando a localização dos sinalizadores. Foto: André Barcelos.

A linha de transmissão estudada (LT-PET - 69 kV) (Figura 1) faz a conexão entre as Subestações do Parque Eólico Osório 2 (onde começa) e Tramandaí (onde finaliza), percorrendo uma extensão total de 22,34 Km (Figura 2). Esse trajeto compreende quatro tipos de fisionomias de vegetação (da costa em direção ao interior do continente): dunas, campos alagadiços entre lagoas, arrozais e campo seco com áreas de restinga. A LT é composta por 82 torres, totalizando 81 vãos que diferem em comprimento (entre 233 e 300 metros) e possui de 20 a 23 metros de altura dos cabos em relação ao chão (Figura 1). Os trechos sinalizados possuem o cabo para-raio da linha sinalizado com um dispositivo em espiral do tipo Swan -Flight™ Diverter (SFD) de PVC amarelo (60 cm largura x 20 cm diâmetro máximo) (Figura 3) a cada 20 metros de distância um do outro.

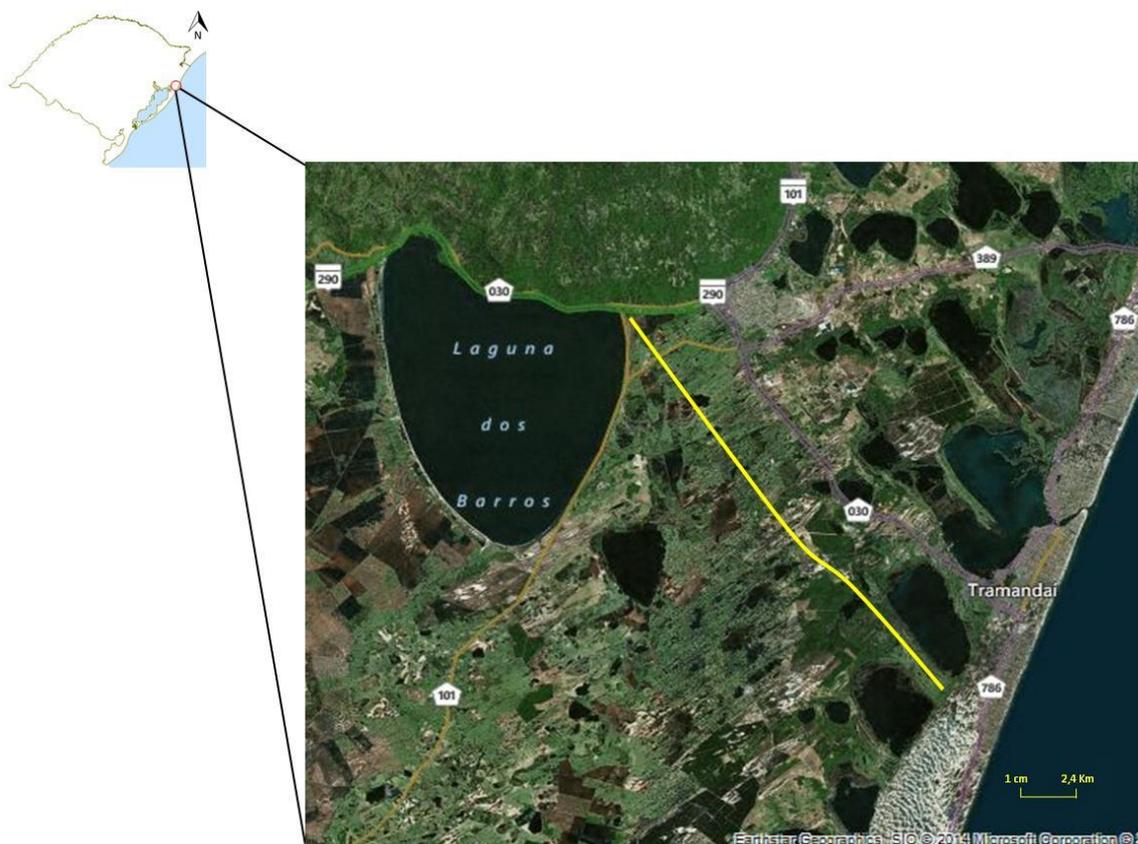


Figura 2. Mapa de localização da linha de transmissão estudada (LT-PET – linha em amarelo) no litoral norte do Rio Grande do Sul (canto esquerdo superior).

Coleta de dados

Foram realizadas dezesseis campanhas sendo feitas duas amostragens em cada estação (quatro de inverno, quatro de primavera, quatro de verão e quatro de outono) entre junho de 2011 e junho de 2013. As observações foram feitas por A. Barcelos e ocorreram nos turnos da manhã e da tarde (nascer do sol até a metade da manhã e do meio da tarde até o por do sol, respectivamente), totalizando 228 horas de amostragem. Cada unidade amostral de observação equivaleu a um segmento da linha de transmissão entre duas torres (vão) que foi amostrado uma única vez em cada campanha. Todos os 16 vãos foram amostrados em cada uma das campanhas. No total, aproximadamente seis km da LT-PET foram monitorados intercalando-se vãos sinalizados (entre as torres:

02-03, 05-06, 07-08, 51-52, 69-70, 71-72, 77-78, 78-79) e não sinalizados (entre as torres: 27-28, 29-30, 36-37, 38-39, 39-40, 41-42, 47-48, 48-49).

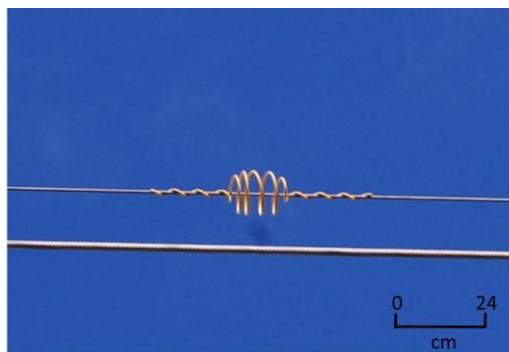


Figura 3. Sinalizador do tipo Swan – Flight™ Diverter (SFD) de PVC amarelo. Foto: André Barcelos.

O pesquisador permaneceu cerca de 1 hora próximo à torre, observando apenas as interações e as possíveis interações de aves com os cabos da LT daquele vão. A observação foi realizada a partir de um ponto fixo que permitiu uma visão ampla do espaço de amostragem. Para cada

interação de voo com a linha foi registrado o tipo de voo e o risco de colisão de cada um:

i) Tipo de voo: a) evitamento: quando a ave apresentava alguma reação discernível ao se aproximar da linha de transmissão como desintegração de bando, mudança de direção, mudança de altura e desistência. b) indiferença: quando as aves cruzavam perpendicularmente em relação aos cabos, aparentemente indiferentes à presença da linha de transmissão.

ii) O risco de colisão foi avaliado por duas variáveis, não totalmente independentes: a) distância do voo em relação aos cabos da linha de transmissão levando-se em consideração uma esfera imaginária de 5 m ao redor dos cabos e assumindo que voo com distância inferior a 5 m (dentro da esfera) são voos menos seguros. b) posição do voo em que a ave cruzava perpendicularmente a linha de transmissão. I= abaixo dos cabos; II= entre os cabos e III= acima dos cabos. Das três posições de voo, a posição II, entre os cabos, é a que representa maior risco de colisão para as aves (Savereno *et al.*1996).

No caso da eficácia dos dispositivos na mudança de comportamento de voo referente ao tipo de voo, esperamos que as famílias apresentem maior comportamento de evitação da linha em trechos sinalizados. Quanto ao risco de colisão, espera-se que as aves voem, em média, a distâncias perpendiculares maiores em relação aos cabos nos trechos sinalizados, em comparação com os trechos não sinalizados. De forma semelhante, espera-se que as aves voem menos entre os cabos quando a sinalização é efetiva.

Análise dos dados

Tendo como base que atributos morfológicos da asa das aves associados à habilidade de voo são, aparentemente, estáveis ou fixos dentro de alguns grupos (Rayner 1988) e que, portanto, esses grupos apresentam maior ou menor risco de colisão com as linhas (Bevanger 1998), optamos por uma análise em nível de família. A taxonomia seguida foi conforme o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO 2014). Para a análise estatística foram considerados eventos por família, sendo considerado um evento cada vez que um indivíduo ou bando era avistado interagindo com a linha com um determinado comportamento, independente de quantos indivíduos estavam presentes no momento da observação.

Para a análise do comportamento de voo, foi realizado, para cada família, o teste estatístico Qui-quadrado - Pearson no programa IBM® SPSS® com um nível de significância $P < 0.05$. O mesmo teste foi aplicado para o tipo de voo (evitamento e indiferença) e para cada uma das variáveis de risco (distância em relação aos cabos e posição do voo na linha). As famílias que tiveram um número de eventos menor do que 20 foram excluídas da análise.

Resultados

Durante as dezesseis campanhas foram registrados 3167 eventos de interações potenciais das aves com a linha de transmissão. Desse total, 2839 interações tiveram a família a qual as aves pertenciam identificada, abrangendo 32 famílias (Figura 4). Foi possível analisar o comportamento de voo de 19 famílias (com número de eventos maior do que 20) que totalizaram 2761 interações com a linha de transmissão (Figura 4). Das famílias analisadas, Columbidae foi a que obteve o maior número de eventos de interação registrados ($n = 531$), enquanto que Ciconiidae foi a que obteve o menor ($n = 21$) (Figura 4).

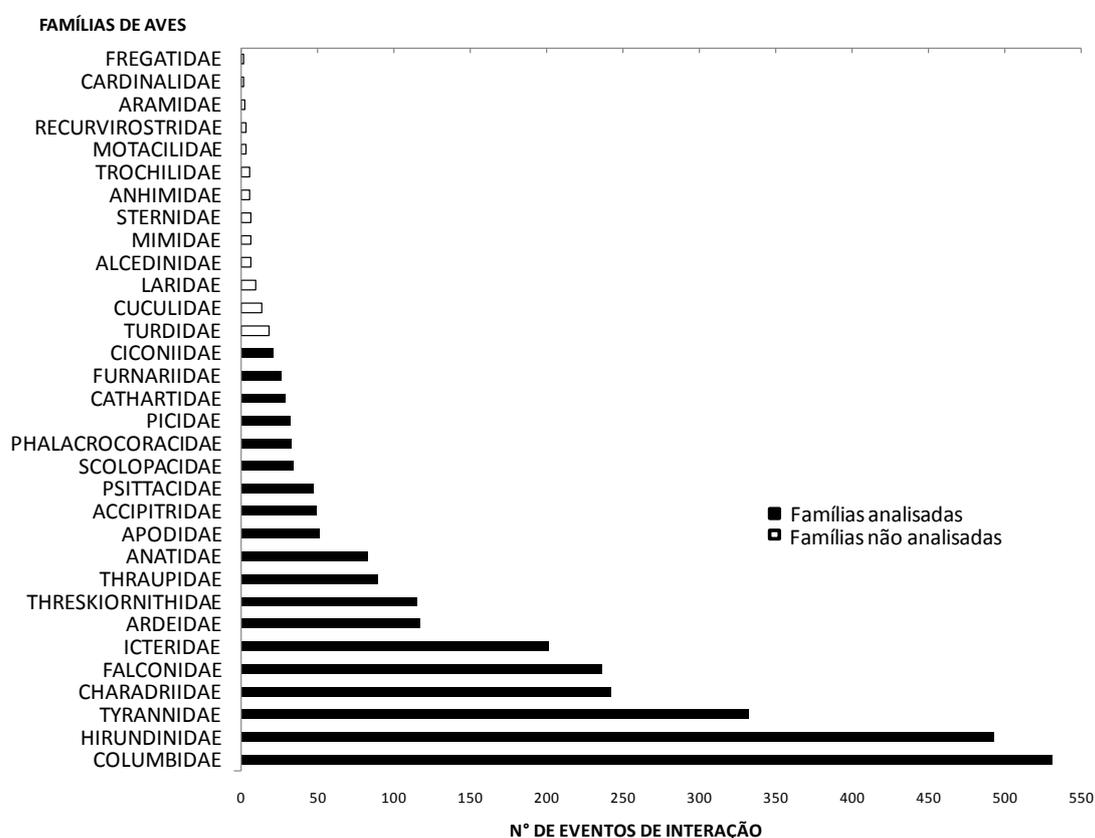


Figura 4. Gráfico do número total de eventos (n) de interação registrados para cada família observada interagindo com a linha de transmissão. Famílias ordenadas em ordem crescente de número de interações.

Em relação ao comportamento de evitação da linha de transmissão em vãos sinalizados, as famílias analisadas apresentaram comportamento de evitamento menor do que o esperado em relação aos vãos sem sinalização. O teste estatístico não foi

significativo para nenhuma das famílias, indicando que esse comportamento não teve relação com a presença do sinalizador (Tabela 1).

Tabela 1. Análise Qui-quadrado (X^2) do tipo de voo (indiferença e de evitamento) na linha de transmissão em vãos sinalizados e em vãos não sinalizados.

Família de aves	Tipo de voo		X^2 (P)
	Indiferença (%)	Evitamento (%)	
COLUMBIDAE			
Sinalizado	148 (75,5)	48 (24,5)	0.423
Não sinalizado	249 (74,3)	86 (25,7)	
HIRUNDINIDAE			
Sinalizado	245 (93,2)	18 (6,8)	0.335
Não sinalizado	211 (91,7)	19 (8,3)	
TYRANNIDAE			
Sinalizado	73 (93,6)	5 (6,4)	0.474
Não sinalizado	240 (94,5)	14 (5,5)	
CHARADRIIDAE			
Sinalizado	105 (88,2)	14 (11,8)	0.169
Não sinalizado	114 (93,7)	9 (6,3)	
FALCONIDAE			
Sinalizado	71 (93,4)	5 (6,6)	0.327
Não sinalizado	145 (90,6)	15 (9,4)	
ICTERIDAE			
Sinalizado	132 (95)	7 (5)	0.295
Não sinalizado	57 (91,9)	5 (8,1)	
ARDEIDAE			
Sinalizado	71 (83,5)	14 (16,5)	0.579
Não sinalizado	27 (84,4)	5 (15,6)	
THRESKIORNITHIDAE			
Sinalizado	78 (82,1)	17 (17,9)	0.52
Não sinalizado	16 (80)	4 (20)	
THRAUPIDAE			
Sinalizado	38 (97,4)	1 (2,6)	0.63
Não sinalizado	43 (86)	7 (14)	
ANATIDAE			
Sinalizado	51 (79,7)	13 (20,3)	0.272
Não sinalizado	17 (89,5)	2 (10,5)	
APODIDAE			
Sinalizado	23 (95,8)	1 (4,2)	0.214
Não sinalizado	23 (85,2)	4 (14,8)	
ACCIPITRIDAE			
Sinalizado	27 (90)	3 (10)	0.652

Não sinalizado	17 (89,5)	2 (10,5)	
PSITTACIDAE			
Sinalizado	10 (90)	1 (10)	0.313
Não sinalizado	28 (77,8)	8 (22,2)	
SCOLOPACIDAE			
Sinalizado	24 (82,8)	5 (17,2)	0.268
Não sinalizado	3 (60)	2 (40)	
PHALACROCORACIDAE			
Sinalizado	21 (75)	7 (25)	0.277
Não sinalizado	5 (100)	0 (0)	
PICIDAE			
Sinalizado	11 (84,6)	2 (15,4)	0.542
Não sinalizado	17 (89,5)	2 (10,5)	
CATHARTIDAE			
Sinalizado	9 (100)	0 (0)	0.312
Não sinalizado	17 (85)	3 (15)	
FURNARIIDAE			
Sinalizado	12 (100)	0 (0)	0.28
Não sinalizado	12 (85,7)	2 (14,3)	
CICONIIDAE			
Sinalizado	5 (100)	0 (0)	0.762
Não sinalizado	15 (93,8)	1 (6,2)	

Na análise do voo com base nas variáveis de risco, a análise da distância maior e menor do que 5 m em relação aos cabos para vãos sinalizados e não sinalizados não foi significativa para a maioria das famílias, com exceção de Hirundinidae ($P = 0.001$) e Psittacidae ($P = 0.036$) (Tabela 2). Para a família Hirundinidae os voos com distância superior a 5 m em relação aos cabos foram mais frequentes em vãos sinalizados (60,9%) e para Psittacidae voos com distância inferior a 5 m foram mais frequentes (88,5%) em vãos não sinalizados, o que indica um comportamento de menor risco associado a vãos sinalizados para ambas as famílias (Tabela 2).

Tabela 2. Análise Qui-quadrado (X^2) da variável de risco - distância maior ou menor do que 5 metros em relação aos cabos da linha de transmissão - em vãos sinalizados e em vãos não sinalizados. (*) indicam diferenças significativas no teste ($P < 0.005$).

Variável de risco

Família de aves	Distância < 5m (%)	Distância > 5m (%)	X ² (P)
COLUMBIDAE			
Sinalizado	136 (38)	60 (34,7)	0.26
Não sinalizado	222 (62)	113 (65,3)	
HIRUNDINIDAE			
Sinalizado	121 (46,5)	142 (60,9)	*0.001
Não sinalizado	139 (53,5)	91 (39,1)	
TYRANNIDAE			
Sinalizado	36 (23,8)	42 (23,2)	0.497
Não sinalizado	115 (76,2)	139 (76,8)	
CHARADRIIDAE			
Sinalizado	38 (48,7)	81 (49,4)	0.516
Não sinalizado	40 (51,3)	83 (50,6)	
FALCONIDAE			
Sinalizado	37 (30,1)	39 (34,5)	0.278
Não sinalizado	86 (69,9)	74 (65,5)	
ICTERIDAE			
Sinalizado	62 (65,3)	77 (72,6)	0.164
Não sinalizado	33 (34,7)	29 (27,4)	
ARDEIDAE			
Sinalizado	42 (70)	43 (75,4)	0.326
Não sinalizado	18 (30)	14 (24,6)	
THRESKIORNITHIDAE			
Sinalizado	49 (81,7)	46 (83,6)	0.488
Não sinalizado	11 (18,3)	9 (16,4)	
THRAUPIDAE			
Sinalizado	17 (39,5)	22 (47,8)	0.283
Não sinalizado	26 (60,5)	24 (52,2)	
ANATIDAE			
Sinalizado	33 (80,5)	31 (73,8)	0.322
Não sinalizado	8 (19,5)	11 (26,2)	
APODIDAE			
Sinalizado	12 (46,2)	12(48)	0.559
Não sinalizado	14 (53,8)	13 (52)	
ACCIPITRIDAE			
Sinalizado	10 (55,6)	20 (64,5)	0.374
Não sinalizado	8 (44,4)	11 (35,5)	
PSITTACIDAE			
Sinalizado	3 (11,5)	8 (38,1)	*0.036
Não sinalizado	23 (88,5)	13 (61,9)	
SCOLOPACIDAE			
Sinalizado	21 (87,5)	8 (80)	0.465
Não sinalizado	3 (12,5)	2 (20)	
PHALACROCORACIDAE			
Sinalizado	14 (93,3)	14 (77,8)	0.229

Não sinalizado	1 (6,7)	4 (22,2)	
PICIDAE			
Sinalizado	6 (50)	7 (35)	0.32
Não sinalizado	6 (50)	13 (65)	
CATHARTIDAE			
Sinalizado	3 (33,3)	6 (30)	0.591
Não sinalizado	6 (66,7)	14 (70)	
FURNARIIDAE			
Sinalizado	0 (0)	12 (50)	0.28
Não sinalizado	2 (100)	12 (50)	
CICONIIDAE			
Sinalizado	2 (25)	3 (23,1)	0.656
Não sinalizado	6 (75)	10 (76,9)	

Em relação à variável de risco do voo entre os cabos da linha, apenas 17 famílias puderam ser analisadas em função dos pressupostos da análise Qui-quadrado (Phalacrocoracidae e Cathartidae não foram analisadas). Para essa variável de risco, somente a família Hirundinidae obteve um resultado significativo ($P = 0.04$), com uma maior frequência de voos entre os cabos (55,8%) em vãos não sinalizados. Para as demais famílias o teste não foi significativo (Tabela 3).

Tabela 3. Análise Qui-quadrado (X^2) da variável de risco - voo entre os cabos da linha de transmissão - em vãos sinalizados e em vãos não sinalizados. (*) indicam diferenças significativas no teste ($P < 0.005$).

Família de aves	Variável de risco		X^2 (P)
	Fora dos cabos (%)	Entre os cabos (%)	
COLUMBIDAE			
Sinalizado	160 (81,6)	36 (18,4)	0.182
Não sinalizado	261 (77,9)	74 (22,1)	
HIRUNDINIDAE			
Sinalizado	225 (85,6)	38 (14,4)	*0.04
Não sinalizado	182 (79,1)	48 (20,9)	
TYRANNIDAE			
Sinalizado	68 (87,2)	10 (12,8)	0.51
Não sinalizado	223 (87,8)	31 (12,2)	
CHARADRIIDAE			
Sinalizado	111 (93,3)	8 (6,7)	0.529
Não sinalizado	114 (92,7)	9 (7,3)	

FALCONIDAE			
Sinalizado	70 (92,1)	6 (7,9)	0.291
Não sinalizado	142 (88,8)	18 (11,3)	
ICTERIDAE			
Sinalizado	132 (95)	7 (5)	0.051
Não sinalizado	54 (87,1)	8 (12,9)	
ARDEIDAE			
Sinalizado	75 (88,2)	10 (11,8)	0.243
Não sinalizado	26 (81,3)	6 (18,8)	
THRESKIORNITHIDAE			
Sinalizado	87 (91,6)	8 (8,4)	0.513
Não sinalizado	19 (95)	1 (5)	
THRAUPIDAE			
Sinalizado	33 (84,6)	6 (15,4)	0.224
Não sinalizado	46 (92)	4 (8)	
ANATIDAE			
Sinalizado	62 (96,9)	2 (3,1)	0.547
Não sinalizado	18 (94,7)	1 (5,3)	
APODIDAE			
Sinalizado	23 (95,8)	1 (4,2)	0.725
Não sinalizado	26 (96,3)	1 (3,7)	
ACCIPITRIDAE			
Sinalizado	25 (83,3)	5 (16,7)	0.63
Não sinalizado	16 (84,2)	3 (15,8)	
PSITTACIDAE			
Sinalizado	9 (81,8)	2 (18,2)	0.612
Não sinalizado	30 (83,3)	6 (16,7)	
SCOLOPACIDAE			
Sinalizado	24 (82,8)	5 (17,2)	0.427
Não sinalizado	5 (100)	0 (0)	
PICIDAE			
Sinalizado	12 (92,3)	1 (7,7)	0.458
Não sinalizado	16 (84,2)	3 (15,8)	
FURNARIIDAE			
Sinalizado	12 (100)	0 (0)	0.28
Não sinalizado	12 (85,7)	2 (14,3)	
CICONIIDAE			
Sinalizado	5 (100)	0 (0)	0.762
Não sinalizado	15 (93,8)	1 (6,2)	

Discussão

Apesar da sinalização dos cabos para-raios ser indicada como a medida mais apropriada para a mitigação da mortalidade de aves causada por linhas de transmissão

(Alonso *et al.* 1994, Janss 2000), nossos resultados não revelaram um comportamento de menor risco de colisão associado aos sinalizadores quando avaliados em nível de família. Independente das variáveis que utilizamos o uso de sinalizadores não determinou mudanças significativas no comportamento de voo que resultassem na redução do risco de colisões para a maior parte das famílias, com exceção de Hirundinidae e Psittacidae.

Ao analisar o comportamento de evitamento da linha pelas aves, Savereno e colaboradores (1996) concluíram que a evitação das linhas foi relacionada de forma significativa com presença de sinalizadores (esferas amarelas) para alguns grupos diferentes dos que analisamos (gaivotas e aves costeiras). Brown & Drewien (1995) encontraram que, as aves, em geral, reagiram mais cedo e voaram mais alto sobre linhas marcadas do que sobre linhas não marcadas com outro tipo de dispositivos. Em Alonso *et al.* (1994), a mudança na altura de voo nas quais as aves atravessavam a linha e o número menor de indivíduos voando entre os cabos depois da sinalização com espirais vermelhas, sugere que as aves avistavam os sinalizadores e aumentavam a altura de voo para evitar a colisão com os cabos.

As diferenças significativas que a família Hirundinidae apresentou na análise das variáveis de risco dos voos indica que, hirundídeos tiveram um comportamento de menor risco em vôos sinalizados. Em relação ao risco de colisão dessa família, insetívoros aéreos, como as andorinhas, possuem baixa carga alar (*loading*) e relativamente grande alongamento alar - asa fina e longa – (*aspect ratio*) (Rayner 1988, Bevanger 1998). Esses atributos morfológicos fornecem uma boa capacidade de manobra a essas aves (Norberg 1981), o que pode reduzir seu risco de colisão. Contudo, a família Hirundinidae, possui um risco maior dentro dos Passeriformes devido ao seu hábito de congregar em cabos após reprodução e durante a migração (Rose & Baille

1989), aparecendo com frequência nos registros como vítimas de colisões (Scott *et al.* 1972, Alonso *et al.* 1994, Brown & Drewien 1995, Bevanger 1998, De La Zerda & Rosselli 2003, Rubolini *et al.* 2005, Barrientos *et al.* 2012, Sporer *et al.* 2013).

No caso da família Psittacidae, apenas *Myiopsitta monachus* foi observada interagindo com a linha de transmissão, apresentando influência dos sinalizadores apenas quando a variável de risco de voo entre os cabos da LT foi analisada. Isso indica que, em vãos sinalizados, essa espécie apresentou voos mais seguros. Contudo, pouco se sabe sobre o risco de colisão dessa família com linhas e estudos que mostram psitaciformes como vítimas são escassos (De La Zerda & Rosselli 2003). Segundo Rayner (1988) e Bevanger (1998), o alongamento alar e a carga alar desse grupo não representam riscos de colisão e nem de eletrocussão com estruturas das linhas de transmissão. No entanto, há comprovações do uso de torres para a construção de ninhos por *Myiopsitta monachus*, sendo que esse uso acaba por acarretar danos à linha e também aos indivíduos que os constroem (Tessmer & Port 1996).

Em relação aos dispositivos que podem ser usados, as espirais coloridas são as mais populares (De La Zerda & Rosselli 2003) e, em alguns casos, parecem ser mais duráveis do que outros sinalizadores (Calabuig & Ferrer 2009 apud Barrientos *et al.* 2011). Assim como em nosso estudo, De La Zerda & Rosselli (2003), quando analisaram a avifauna em geral, também não verificaram eficiência dos sinalizadores de espirais amarelas na mudança do comportamento de voo. No entanto, Crowder (2000), registrou redução da frequência de colisão das aves após a marcação dos cabos com o mesmo tipo de sinalizador que o nosso (Swan -Flight™ Diverter). Um fator que parece influenciar na resposta das aves é a coloração dos sinalizadores, pois, resultados que associam a diminuição do risco de colisão com dispositivos em espirais também foram

encontrados para as cores vermelhas (Alonso *et al.* 1994) e brancas (Janss & Ferrer 1998).

É importante salientar que o resultado que encontramos pode ser atribuído ao fato do nosso desenho amostral ser do tipo controle-impacto, onde assumimos que a única diferença entre as áreas é a presença ou ausência dos sinalizadores. Grande parte dos estudos avalia risco de colisão por colisões observadas ou procura de carcaças (Alonso *et al.* 1994, Savereno *et al.* 1996, Janss & Ferrer 1998, De La Zerda & Rosselli 2003), conduzem desenhos amostrais antes e após à ancoragem de sinalizadores (Alonso *et al.* 1994; Janss & Ferrer 1998, De La Zerda & Rosselli 2003) e analisam a eficiência dos sinalizadores para grupos diferentes dos que analisamos. Além disso, também são estudados dispositivos com diversos tamanhos, cores e formas (Alonso *et al.* 1994, Brown & Drewien 1995, Savereno *et al.* 1996, Janss & Ferrer 1998, Crowder 2000, De La Zerda & Rosselli 2003) o que pode influenciar no resultado do comportamento das aves em relação aos sinalizadores. Cabe salientar ainda que, as diferentes famílias de aves reagem de forma distinta a esses dispositivos e o entendimento desse comportamento mostra-se relevante para avaliar de forma mais detalhada a eficiência das medidas mitigatórias para comunidades de avifauna.

Embora a causa da maior parte das colisões seja os para-raios, por esses serem de menor espessura, e, portanto, menos visíveis que os demais cabos, (Scott *et al.* 1972, Alonso *et al.* 1994), nem a sua remoção e nem a instalação de sinalizadores removeria completamente o conflito das aves com as LTs (Bevanger 1994). Com base nisso, a implantação de linhas subterrâneas seria o método mais eficiente e confiável, pois, eliminaria as colisões (Bevanger 1994). No entanto, o principal argumento contra ao uso de cabos subterrâneos é seu alto custo (Bevanger 1994).

Alguns trabalhos sugerem que é possível que nenhum marcador específico seja igualmente eficaz para todas as espécies de aves ou em todas as situações, o que implica que as investigações com outros tipos de dispositivos não visuais sejam necessárias (Barrientos *et al.* 2012). Além disso, na hora da escolha do sinalizador mais apropriado, tamanho, cor (para maior contraste dos fios contra o fundo), preço, durabilidade, forma e densidade de dispositivos devem ser pesquisadas (Janss & Ferrer 1998, Barrientos *et al.* 2011, 2012), assim como as questões fisiológicas e sensoriais de diferentes grupos e espécies de aves (Bevanger 1998). Para definir a escolha dos sinalizadores deve ser levado em conta, sobretudo, a sensibilidade das populações às perdas resultantes das colisões (Crivelli *et al.* 1988, Bevanger & Broseth 2001, Shaw *et al.* 2010) e muito provavelmente um sistema de mitigação com múltiplos modelos de sinalizadores deva ser mais eficiente do que outros baseados em um único modelo.

Concluindo, nós encontramos que os sinalizadores Swan -Flight™ Diverter não são eficientes na mudança no comportamento de voo da maioria das famílias que analisamos. Contudo, antes que essa estratégia de mitigação seja abandonada, recomendamos que estudos sejam realizados com desenhos amostrais mais complexos, do tipo BACI ou beyond BACI (com controle antes da implantação da linha, após implantação e após sinalização) (Underwood 1994, Barrientos *et al.* 2012). Além disso, diferenças no ambiente e na composição da avifauna, assim como diferentes modelos, combinações de modelos e espaçamentos entre sinalizadores devem ser avaliados para determinar em quais condições a estratégia é efetiva.

Referências

- Alonso, J. C.; Alonso, J. A. & Muñoz-Pulido, R. 1994.** Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. *Biological Conservation*, 67:129–134.
- Avery, M. L.; Springer, P. F. & Dailey, N. S. 1978.** *Avian mortality at man-made structures: an annotated bibliography* (revised). U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Service Program, National Power Plant Team.
- Barrientos, R.; Alonso, J. C.; Ponce, C. & Palacín C. 2011.** Meta-analysis of the effectiveness of marked wire in reducing avian collisions with powerlines. *Conservation Biology*, 25:893–903.
- Barrientos, R.; Ponce, C.; Palacín, C.; Martín, C. A.; Martín, J. C. & Alonso, J.C. 2012.** Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. *PLoS One*, 7: 1-10.
- Bevanger, K. 1994.** Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis*, 136: 412-425.
- Bevanger, K. 1998.** Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86: 67-76.
- Bevanger, K. & Broseth, H. 2001.** Bird collisions with power lines – an experiment with ptarmigan (*Lagopus* spp.). *Biological Conservation*, 99: 341-346.
- Brown, W. M. & Drewien, R. C. 1995.** Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collision mortality. *Wildlife Society Bulletin*, 23: 217–227.
- Calabuig C. P. & Ferrer M. 2009.** Análisis de La eficacia y la vida útil de la señalización anticolidión “salvapájaros” en líneas de transporte de energía eléctrica. Seville: REE, SAU, and CSIC apud **Barrientos, R.; Alonso, J. C.; Ponce, C. & Palacín C. 2011.** Meta-analysis of the effectiveness of

marked wire in reducing avian collisions with powerlines. *Conservation Biology*, 25:893–903.

Cbro - Comitê brasileiro de Registros ornitológicos. 2014. Listas das aves do Brasil, 11th Edition. <http://www.cbro.org.br/CBRO/pdf/AvesBrasil2014.pdf> (acesso em dezembro de 2014).

Costa, E. S. & Sander, M. 2008. Variação sazonal de aves costeiras (Charadriiformes e Ciconiiformes) no litoral norte do Rio Grande do Sul. *Biodiversidade Pampeana*, 6: 3-8.

Crivelli, A. J.; Jerrentrup, H. & Mitchev, T. 1988. Electric power lines: a cause of mortality in *Pelecanus crispus* Brunch, a world endangered bird species. *Collection Waterbirds*, 11: 301–305.

Crowder, M. R. 2000. Assessment of devices designed to lower the incidence of avian power line strikes. Unpublished MSc Thesis. Purdue University, West Lafayette.

De la Zerda, S. & Roselli, L. 2003. Mitigación de collision de aves contra líneas de transmission eléctrica com marcaje del cable de guarda. *Ornithología Colombiana*, 1: 42–62.

Drewitt, A. L. & Langston, R. H. W. 2008. Collision effects of windpower generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1134: 233 –266.

Erickson, W. P.; Johnson, G. D. & Young, D. P. Jr. 2005. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. *USDA Forest Service Gen. Tech. Rep*, 191: 1029–1042.

Janss, G. F. E. & Ferrer, M. 1998. Rate of bird collision with powerlines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology*, 69:8-17.

- Janss, G. F. E. 2000.** Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95: 353–359.
- Jenkins, A. R.; Smallie, J. J. & Diamond, M. 2010.** Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*, 20:263-278.
- Justus, A. R. M. 1986.** *Uso potencial da terra. Capacidade de uso dos recursos naturais renováveis*, p. 633-696. In: IBGE. Levantamento de recursos naturais 33. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Mäder, A. 2011.** Litoral Norte do Rio Grande do Sul, p. 317-320. In: Valente, R.M.; Da Silva, J.M.C.; Straube, F.C. & Do Nascimento, J.L.X. Conservação de aves neárticas migratórias no Brasil.
- Michener, H. 1928.** Where engineer and ornithologist meet: Transmission lines caused by birds. *Condor*, 30: 169-175 apud **Bevanger, K. 1994.** Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis*, 136: 412-425.
- Norberg, U. M. 1981.** Allometry of bats wings and legs and comparison with bird wings. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 292:359-398.
- Raposo, M. A. F. 2013.** *Aves & linhas de transmissão - um estudo de caso*. Rio de Janeiro: Editora Arte Ensaio.
- Rayner, J. M. V. 1988.** Form and function in avian flight. *Current Ornithology*, 5: 1-66.
- Rioux, S.; Savard, J. P. L. & Grick, A. A. 2013.** Avian mortalities due to transmission line collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on applications to the Canadian electric network. *Avian Conservation and Ecology*, 8: 1-18.

- Rose, P. & S. Baillie. 1989.** The effects of collisions with overhead lines on British birds: an analysis of ringing recoveries. *British Trust for Ornithology*, Report 42: 1-227.
- Rubolini, D.; Bustin, M.; Bogliani, G. & Garavaglia, R. 2005.** Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International*, 15:131-145.
- Savereno, A. J.; Savereno, L. A.; Boettcher, R. & Haig, S. M. 1996.** Avian behaviour and mortality at power lines in coastal South Carolina. *Wildlife Society Bulletin*, 24: 636–648.
- Scott, R. E.; Roberts, L. J. & Cadbury, C. J. 1972.** Birds deaths from power lines at Dungeness. *British Birds*, 65: 273–286.
- Shaw, J. M.; Jenkins, A. R.; Smallie, J. J. & Ryan, P. G. 2010.** Modelling power-line collision risk for the Blue Crane *Anthropoides paradiseus* in South Africa. *Ibis*, 152:590–599.
- Sporer, M. K.; Dwyer, J. F.; Gerber, B. D.; Harness, R. E. & Pandey, A. K. 2013.** Marking power lines to reduce avian collisions near the Audubon National Wildlife Refuge, North Dakota. *Wild life Society Bulletin*, 37: 796-804.
- Tessmer, H. & Port, D. 1996.** *Interferências de aves em redes aéreas - a experiência da CEEE no Rio Grande do Sul – Brasil*. Cired Argentina.
- Tomazelli, L. & Villwock, J. 1991.** Geologia do Sistema Lagunar Holocênico do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 18:13-24.
- Underwood, A. J. 1994.** On beyond BACI: Sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications*, 4:3-15.