



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

Dissertação de Mestrado

*Interações entre linhas de transmissão e a biodiversidade:
uma revisão sistemática dos efeitos induzidos por esses empreendimentos*

Larissa Donida Biasotto

Porto Alegre, fevereiro de 2017

*Interações entre linhas de transmissão e a biodiversidade:
uma revisão sistemática dos efeitos induzidos por esses empreendimentos*

Larissa Donida Biasotto

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Andreas Kindel

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Jan K. Felix Mähler Jr. - FZB-RS
Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez USP-SP
Profa. Dra. Maria João Pereira - UFRGS

Porto Alegre, fevereiro de 2017

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Programa de Pós-graduação em Ecologia/UFRGS.

Ao meu orientador Andreas Kindel pela paciência, confiança e valiosas contribuições.

Obrigada por ser capaz de compreender meus diferentes momentos e lidar com eles sempre com bom humor. Obrigada por me inspirar e topa os desafios junto comigo.

Aos amigos e colegas do Núcleo de Ecologia em Rodovias e Ferrovias (NERF), especialmente Fernanda, Larissa e Igor.

Aos amigos do LECOPAI, especialmente ao Fritz e à Giovana pelas contribuições.

Ao professor Demétrio e ao colega Matheus pelas conversas.

À amiga querida Gabriele Volkmer, sempre disposta a ajudar com ótimos conselhos.

Aos meus amigos e antigos colegas da biologia, Andressa, Fabio, Juliana, Alice, Bento, Daniela e Claire,

Às minhas primas queridas (Emanuela e Natália), irmãs do coração (Aline, Ana, Louise, Clarissa e Gressiana), aos amigos que entraram comigo no mestrado, em especial Pedro e Aline. A todos os amigos que fiz nestes dois anos, especialmente ao Vinicius e Tais.

Aos meus amados pais, Paulo e Beatriz, pelo amparo de sempre e por acreditarem muito em mim.

Às minhas amadas irmãs, Livia e Liége e ao meu querido cunhado Mateus pelas risadas compartilhadas, companheirismo e por todas as refeições deliciosas que me ajudaram tanto a escrever esta dissertação.

Ao meu amado Rodrigo pela melhor companhia e apoio incondicional em todas as horas.

Muito Obrigada!

RESUMO

A crise na biodiversidade tem se agravado como resultado das atividades humanas. Identificar os efeitos ecológicos causados por empreendimentos, como linhas de transmissão de energia elétrica (LTs), é essencial para o planejamento dessas estruturas e para melhor informar seu processo de tomada de decisão. A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um importante instrumento para a minimização de impactos na biodiversidade. No entanto, uma das maiores deficiências para a mitigação de impactos está na ausência da antecipação dos mesmos na fase de planejamento das estruturas. Um dos objetivos deste estudo foi listar e descrever os potenciais efeitos ambientais causados pelas LTs, sua natureza e os componentes bióticos afetados. A partir de uma abordagem de revisão sistemática, a síntese dos estudos mostrou que as interações das linhas com a biodiversidade têm sido investigadas em uma grande amplitude de organismos, abordando doze diferentes efeitos no ambiente. No entanto, é notável a ausência de estudos relacionados a grupos funcionais de menor mobilidade e sobre efeitos como a perda de habitat. Além de listar e descrever os efeitos das LTs, este trabalho estruturou um modelo conceitual para auxiliar na definição do escopo das AIAs. Nós acreditamos que o reconhecimento antecipado do espectro de potenciais impactos, além de ser importante para a compreensão das cadeias causais pelas quais as ações de cada empreendimento conduzem efeitos, auxilia na qualificação do processo de licenciamento, direcionando os estudos para impactos prioritários. Como a forma mais efetiva de evitamento de impactos, nós recomendamos fortemente que iniciativas de espacialização dos mesmos sejam desenvolvidas para a futura incorporação no planejamento da expansão da rede de transmissão de energia.

Palavras-chave: Linhas de alta tensão, impactos, Análise de Impacto Ambiental, licenciamento ambiental, fase de escopo.

ABSTRACT

The biodiversity crisis has worsened in the last decades, as a result of human activities. Identifying the ecological effects caused by infrastructure developments, such as electric power transmission lines (TLs), is essential for planning these developments and for better informing the decision-making process. Environmental Impact Assessment (EIA) is an important instrument to ensure the minimization of impacts on biodiversity. However, one of the major shortcomings for mitigation of impacts is the lack of anticipation in the planning phase of these developments. One of the objectives of this study was to list and describe the potential environmental effects caused by TLs, their nature and the affected biotic components. From a systematic review approach, the synthesis of the studies reveal that line interactions with biodiversity have been investigated over a wide range of organisms, addressing twelve different effects on the environment. However, the absence of studies related to functional groups of lower mobility and other effects, such as habitat loss, is notable. In addition to listing and describing the effects of LTs, this work structured a conceptual model to help define the scope of EIAs. We believe that the early recognition of the spectrum of potential impacts, in addition to being important for understanding the causal chains through which the actions of each undertaking have effects, helps in the qualification of the licensing process, directing the studies to priority impacts. As the most effective way of avoiding impacts, we strongly recommend that spatial analysis and investigation should be developed and incorporated in planning the expansion of the power transmission network.

Key-words: High voltage lines, impacts, Environmental Impact Assessment, environmental licensing, scoping.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| Agradecimentos..... | iii |
| Resumo..... | iv |
| Abstract..... | v |
| Lista de figuras | 2 |
| Lista de tabelas | 3 |
| Introdução Geral | 4 |
| ARTIGO: “Interações entre linhas de transmissão e a biodiversidade: uma revisão sistemática dos efeitos induzidos por esses empreendimentos” | 9 |
| Introdução..... | 9 |
| Métodos | 12 |
| Revisão Sistemática – abordagem geral..... | 12 |
| Estratégia de busca por literatura..... | 13 |
| Análise dos artigos publicados..... | 14 |
| Resultados..... | 17 |
| Síntese e padrões gerais dos artigos científicos..... | 17 |
| Descrição dos efeitos encontrados..... | 22 |
| Discussão..... | 32 |
| Referências..... | 35 |
| Material Suplementar..... | 45 |
| Considerações Finais..... | 65 |
| Referências..... | 67 |

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1. Representação do trajeto percorrido pela energia, partindo da geração até os consumidores finais.....5

Figura 2. Esquema ilustrando a área diretamente afetada (onde há corte raso e seletivo) e a área indiretamente afetada pela instalação e manutenção da faixa de servidão de linhas de transmissão de energia.....6

Artigo

Figura 1. Fluxograma mostrando as etapas executadas na Revisão Sistemática de acordo com a estrutura recomendada por CEE (2013)16

Figura 2. Número de artigos publicados por ano sobre os efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de energia17

Figura 3. Distribuição do número de artigos publicados por país sobre os efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de energia18

Figura 4. Número de artigos sobre efeitos de LTs envolvendo cada grupo de organismos18

Figura 5. Efeitos ambientais encontrados nos artigos científicos da revisão sistemática. A linha preta representa o número de artigos para cada efeito (escala da direita). Barras (escala da esquerda) representam a porcentagem de estudos em cada efeito que revelaram, segundo os autores originais, impactos negativos (preto), positivos (cinza escuro), neutros (hachurado) ou inconclusivos (branco)19

Figura 6. Modelo conceitual dos efeitos ambientais e impactos na biota encontrados na Revisão Sistemática relacionados com as respectivas fases e principais ações causais. (*) indicam os efeitos e impactos retirados da literatura cinza.....21

LISTA DE TABELAS

Artigo

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1. Critérios utilizados para o enquadramento dos efeitos ambientais descritos nos artigos analisados..... | 15 |
|---|-----------|

Material Suplementar

| | |
|---|-----------|
| Tabela S1. Enquadramento de efeitos e impactos de linhas de transmissão de energia dos artigos obtidos na revisão bibliográfica | 45 |
| Tabela S2. Estudos de Impactos Ambiental utilizados para análise dos efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de energia..... | 64 |

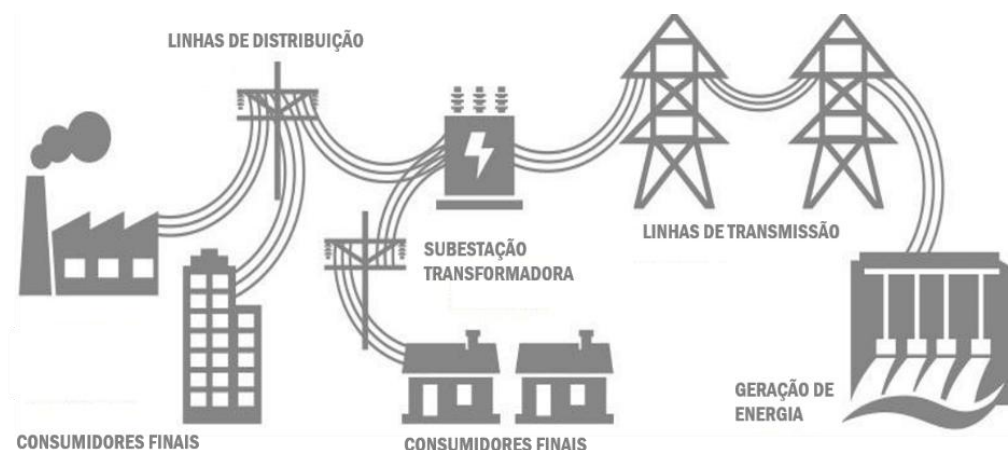
INTRODUÇÃO GERAL

1
2
3
4 A população mundial continua crescendo assim como seu consumo por recursos
5 naturais, o que contribui para o agravamento da crise na biodiversidade (WWF 2016). A
6 atual era do Antropoceno é acompanhada por um processo de homogeneização biótica,
7 onde a diminuição na abundância de muitas espécies e extinção de algumas é
8 simultânea ao aumento na abundância de outras (Benítez-López et al. 2010).

9 Concomitante ao crescimento populacional humano, a necessidade de expandir o
10 setor energético para garantia do acesso universal a esse serviço também avança. Além
11 de alterações oriundas da geração de energia, a demanda por eletricidade exige
12 modificações nas paisagens que incluem a instalação de novas linhas de transmissão de
13 energia (LTs). De acordo com a NRG Expert (2013), no ano de 2011 o total de linhas de
14 energia no mundo atingiu 69,5 milhões de km, e foi previsto que até 2016 essa rede
15 aumentaria cerca de 4,7 milhões de km. Segundo a International Energy Outlook 2016
16 (IEO 2016), há um crescimento estimado de 48% no aumento do consumo mundial de
17 energia previsto para os próximos 26 anos, com consequente expansão do sistema de
18 transmissão.

19 A energia chega até os consumidores finais através de uma extensa rede de
20 transmissão e distribuição de energia. As LTs são segmentos lineares de cabos e torres
21 que transportam energia das usinas de geração até as subestações, que transformam a
22 tensão energética (Figura 1). Distintas em relação às linhas de distribuição, as LTs são
23 responsáveis por suportarem maiores tensões (variando de 69kV até 800kV), possuem
24 grandes extensões e geralmente estão localizadas em ambientes mais afastados dos
25 centros urbanos, ocupando locais menos alterados (Araneo et al. 2014).

26



27

28 Figura 1. Representação do trajeto percorrido pela energia, partindo da geração até os consumidores finais
 29 (adaptado de www.energypro-site.com).

30 Além da presença de cabos e torres que transportam a energia, estes
 31 empreendimentos interagem com o ambiente através da faixa de servidão, i.e. a área
 32 aberta exigida para a instalação dessas estruturas, que varia a largura conforme a tensão,
 33 podendo atingir mais de 100 metros (BMTE 2015). A vegetação presente nessa área
 34 pode ser suprimida de duas formas: por meio do corte raso da vegetação (supressão de
 35 todos os indivíduos lenhosos) logo abaixo dos cabos e através do corte seletivo, onde é
 36 suprimida somente a vegetação que oferece risco futuro às estruturas da linha (Figura
 37 2). Para a permanência dessa faixa, é prevista a manutenção nessa servidão a cada
 38 quatro anos, aproximadamente.

39 Embora esses corredores formados sejam relativamente estreitos, a extensão das
 40 redes de transmissão pode dar uma perspectiva da dimensão das transformações no
 41 ambiente. Na Europa, a malha de transmissão possui cerca de 300 mil km (European
 42 Network of Transmission System Operators for Electricity, 2012), no Canadá e Estados
 43 Unidos a extensão chega a 230 mil e 250 mil km, respectivamente (Rioux et al. 2013;
 44 U.S. EIA 2016). Na Noruega, embora o comprimento total de linhas de energia seja a
 45 metade do que o total de rodovias, devido à dimensão da faixa de servidão, a área
 46 ocupada é 20% maior em relação à malha viária (Bartzke et al. 2014). Para o Brasil, até
 47 2020 estima-se que 142 mil km de LTs estarão operando (Cardoso Jr et al. 2014).



48

49 Figura 2. Esquema mostrando a área diretamente afetada (onde há corte raso e seletivo) e a área
 50 indiretamente afetada pela instalação e manutenção de linhas de transmissão de energia (adaptado de
 51 www.electricalpowerenergy.com).

52 As avaliações ambientais, tais como os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), a
 53 compensação ambiental e os planos de conservação, são geralmente planejadas para
 54 identificar e descrever a gama de impactos ambientais previstos para diferentes
 55 empreendimentos (Raiter et al. 2014). Contudo, apesar da popularidade dessas
 56 avaliações e de algumas melhorias substanciais ao longo do tempo, sua eficácia
 57 permanece questionável (Pope et al. 2013).

58 A principal motivação que nos levou a fazer uma revisão sobre os impactos
 59 causados pelas linhas de transmissão de energia é a forma como essas estruturas,
 60 causadoras de impactos significativos, têm sido licenciadas. Usamos como exemplo o
 61 cenário de licenciamento aplicado no setor elétrico brasileiro. Atualmente, esse tema é
 62 acompanhado de grandes debates públicos e envolve incertezas sobre o planejamento
 63 futuro da geração e transmissão de energia no Brasil (Cardoso Jr et al. 2014),
 64 principalmente depois que essas atividades tiveram seus licenciamentos desunificados,
 65 ou seja, a atividade de transmissão de energia é licenciada à parte da atividade de
 66 geração, embora na prática sejam indissociáveis.

67 Especificamente em relação à transmissão de energia, uma das principais críticas
 68 é o tempo transcorrido para licenciar os projetos. No Sistema de Transmissão Madeira,

69 por exemplo, o processo de licenciamento teve início em 2009, porém, a licença de
70 instalação foi concedida somente em 2011 (Cardoso Jr et al. 2014). Ainda que
71 erroneamente atribuída a questões ambientais, a morosidade e parte dos conflitos
72 referentes ao licenciamento dessas estruturas se dá também pela fragilidade nos
73 procedimentos de definição do trajeto das linhas e pela não consideração de atributos
74 ambientais vinculados aos seus principais impactos ainda na fase de planejamento. Por
75 exemplo, no Brasil a proposta do corredor principal para os trajetos das linhas de
76 transmissão acontece anteriormente à caracterização dos impactos ambientais que
77 poderão ser causados por sua implantação (Cardoso Jr 2014). Esse procedimento é
78 inverso à lógica de busca do menor impacto e é contrário à hierarquia de mitigação, na
79 qual evitar impactos é a primeira medida que deveria ser considerada no planejamento
80 de qualquer empreendimento, seguida da minimização, restauração e compensação
81 (CEQ 2000). Primeiramente deveríamos ter uma previsão dos impactos que serão
82 causados pela implantação das LTs e, com base nessa análise, tomar a decisão da
83 escolha da melhor rota (Soderman 2006).

84 Além disso, os Termos de Referência (TR) utilizados para avaliar os projetos de
85 LTs, tanto na fase de licença prévia, quanto no monitoramento durante a licença de
86 operação continuam perpetuando a “abordagem do taxonomista ocupado” (Sánchez
87 2008), exigindo a amostragem de variáveis totalmente desvinculadas dos potenciais
88 impactos desses empreendimentos e com desenhos amostrais inadequados. Certamente
89 há inúmeras razões para a manutenção dessa prática, mas suspeitamos que a ausência de
90 uma compilação e descrição dos potenciais impactos presentes na literatura científica
91 contribui parcialmente para essa tradição. Para aprimorar a integração da biodiversidade
92 no planejamento de infraestruturas, modelos conceituais (*frameworks*) são indicados
93 para serem aplicados na fase de definição do escopo dos estudos ambientais. Em geral

94 os *frameworks* são quadros que promovem uma compreensão abrangente das cadeias
95 causais pelas quais as atividades conduzem impactos (dependendo da abordagem os
96 impactos podem ser bióticos, sociais, físicos ou ambos) (Slootweg & Kolhoff 2003).

97 Motivados pelo cenário exposto nosso objetivo foi listar e descrever os
98 potenciais efeitos ambientais causados pelas linhas de transmissão, sua natureza e os
99 componentes bióticos afetados, além de estruturar um modelo conceitual em uma
100 sequência de ação – efeito – impacto que possa apoiar o processo de definição do
101 escopo dos estudos e, conseqüentemente, contribuir para sua qualificação bem como das
102 decisões tomadas durante o licenciamento de LTs. A dissertação foi organizada em
103 forma de um artigo a ser submetido para a revista *Environmental Impact Assessment*
104 *Review*.

1 **INTERAÇÕES ENTRE LINHAS DE TRANSMISSÃO E A BIODIVERSIDADE: UMA REVISÃO**
2 **SISTEMÁTICA DOS EFEITOS INDUZIDOS POR ESSES EMPREENDIMENTOS**

3
4 Larissa D. Biasotto¹ * & Andreas Kindel ¹

5
6 ¹ Programa de Pós-graduação em Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade
7 Federal do Rio Grande do Sul. Avenida Bento Gonçalves 9500, Prédio 43422, 91501-
8 970 Porto Alegre, RS, Brasil.

9 *Autor correspondente: larissabiasotto@hotmail.com

10
11 **1. Introdução**

12
13 O crescimento do setor energético e a garantia do acesso universal a esse serviço
14 demandam modificações nas paisagens que incluem a instalação de novas linhas de
15 transmissão de energia (LTs). Segundo a International Energy Outlook 2016 (IEO
16 2016), há um crescimento estimado de 48% no consumo mundial de energia previsto
17 para os próximos 26 anos, com conseqüente expansão do sistema de transmissão.

18 Em virtude da distância entre as fontes geradoras de energia e os centros de
19 consumo, a energia chega até os consumidores finais através de uma extensa rede de
20 transmissão e distribuição. Distintas em relação às linhas de distribuição, as LTs são
21 responsáveis por suportarem maiores tensões (variando de 69kV até 800kV), possuem
22 grandes extensões e geralmente estão localizadas em ambientes menos alterados,
23 passando com frequência por locais de interesse para a conservação da natureza
24 (Söderman 2006; Bagli et al. 2011; Araneo et al. 2014).

25 A interação mais óbvia destes empreendimentos com o ambiente se dá através
26 da faixa de servidão, zona que deve ter a vegetação suprimida e manejada de tal forma a

27 promover a menor interferência e risco para as linhas. A faixa de servidão varia
28 conforme a voltagem, com linhas de maior voltagem exigindo corredores de maior
29 largura. Por exemplo, no Brasil, as faixas das LTs podem alcançar mais de 100 metros
30 (BMTE 2015). Embora as faixas de servidão sejam relativamente estreitas, a extensão
31 das redes de transmissão fornece uma dimensão das transformações delas oriundas,
32 sendo o corredor formado, sua manutenção e a presença da própria linha os fatores
33 direcionadores dos principais impactos ambientais dessas infraestruturas.

34 A necessidade de considerar os impactos na biodiversidade no planejamento e na
35 tomada de decisões de infraestruturas tem sido enfatizada em diversos marcos legais
36 como na Diretiva da União Européia 85/337/CEE, atual Diretiva 2014/52/EU e na
37 Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB, Artigo 14). Linhas de transmissão
38 podem causar significativos impactos no ambiente tanto na sua fase de instalação
39 quanto na sua fase de operação (Bagli et al. 2011), o que ressalta a necessidade da
40 viabilidade desses empreendimentos passar por uma análise criteriosa em seus
41 licenciamentos. Apesar da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) ser um importante
42 instrumento para a minimização de impactos ambientais, alguns autores defendem a
43 adoção de avaliações que antecipem o licenciamento de projetos individuais, como uma
44 Avaliação Ambiental Estratégica para empreendimentos do setor energético (Jay 2010).

45 No cenário atual é possível notar deficiências no processo referente à AIA de
46 linhas de transmissão. As questões ambientais têm sido previstas e tratadas de forma
47 superficial, em geral, com foco somente nos impactos diretos e na presença de algumas
48 espécies (Thompson et al. 1997; Söderman, 2006). Segundo Khera & Kumar (2010), as
49 principais limitações nas práticas atuais estão na falta de representação dos níveis
50 (habitat, espécies e genética) e formas de mensuração (composição, estrutura e função)
51 da biodiversidade, na previsão de impacto, bem como nas propostas de medidas de

52 mitigação e planos de monitoramento. Outras deficiências reconhecidas estão na
53 apresentação das alternativas locais, estabelecimento de rotas, e na participação
54 pública no processo de tomada de decisão (Söderman 2005; 2006; Sánchez 2008).

55 O principal desafio para contornar as limitações indicadas no processo de
56 licenciamento ambiental se concentra na fase de definição do escopo dos estudos dos
57 empreendimentos. As falhas na previsão de impactos e na proposta de mitigação e
58 planos de monitoramento poderiam ser contornadas se houvesse uma boa compreensão
59 antecipada das consequências ambientais do projeto. O sucesso da avaliação ambiental é
60 resultado do estabelecimento de perguntas que deveriam constituir a espinha dorsal da
61 avaliação que apoiará a decisão final, primeiramente na definição de “por que amostrar”
62 para então progredir para “o que amostrar” e por fim de “como amostrar” (Ferraz 2012).

63 O uso de evidências científicas para fundamentar decisões políticas é uma
64 aspiração compartilhada por instituições públicas e privadas, fortemente defendida pela
65 comunidade científica (Dicks et al. 2014). No entanto, estudos recentes mostram que a
66 informação científica ainda não é amplamente utilizada na política e na prática
67 ambiental (Juntii et al. 2009; Arlettaz et al. 2010). Mesmo com a evidência a respeito
68 das alterações ambientais causadas pelas linhas de transmissão, não há uma revisão
69 abrangente sobre os potenciais impactos causados que possa auxiliar no processo de
70 definição do escopo dos estudos e conseqüentemente na tomada de decisão. As revisões
71 bibliográficas existentes sobre esse tema se restringem a determinados tipos de impactos
72 e apenas para um grupo taxonômico, como é o caso da mortalidade de aves causadas
73 pelas linhas (Bevanger 1998; Erickson et al. 2005; Rubolini et al. 2005; Jenkins et al.
74 2010; Walters et al. 2014).

75 Usando uma abordagem de revisão sistemática nosso objetivo foi listar e
76 descrever os potenciais efeitos ambientais causados pelas linhas de transmissão, sua

77 natureza e os componentes bióticos afetados. Além disso, estruturamos um modelo
78 conceitual em uma sequência de ação – efeito – impacto para auxiliar na definição do
79 escopo das avaliações de impacto ambiental.

80 Para estruturar o modelo conceitual que ilustra a interação entre LTs e suas
81 consequências no ambiente nós utilizamos uma abordagem semelhante à utilizada por
82 Karlson et al. (2014), que também reconhece a sequência de ação, efeito e impacto. Em
83 nosso trabalho “Ação” significa a atividade ou atributo do empreendimento que induz as
84 mudanças no ambiente. O “Efeito” representa uma mudança ligada ao ambiente
85 abiótico, uma alteração química ou física, já o “Impacto” descreve as consequências
86 bióticas resultantes de tais alterações, que neste último caso ainda foram divididas em
87 respostas em nível de indivíduo, população e assembleia. Ao fazermos essa adaptação
88 do sistema adotado por Karlson et al. (2014), procuramos separar de forma mais clara,
89 hierarquicamente, a sequência de alterações produzidas pela interação das LTs com a
90 biodiversidade.

91

92 **2. Métodos**

93 **2.1 Revisão Sistemática – abordagem geral**

94 Conduzimos uma revisão sistemática segundo diretrizes propostas pelo
95 protocolo *Collaboration for Environmental Evidence* (CEE 2013) com quatro etapas:
96 identificação do problema e objetivo do estudo, estratégia de pesquisa, definição de
97 critérios de exclusão e inclusão de trabalhos e síntese e análise dos estudos segundo o
98 tipo de informação abordada. Procuramos desenvolver um procedimento sistemático
99 capaz de ser replicável e que capturasse todos os possíveis efeitos e impactos causados
100 pelas linhas de transmissão de energia. Primeiramente focamos a revisão nos artigos
101 publicados em revistas científicas internacionais e depois complementamos com

102 literatura cinza, no caso, Estudos de Impacto Ambiental desenvolvidos no Brasil. A
103 revisão foi elaborada e executada por dois pesquisadores e considerou a literatura dos
104 últimos 20 anos (período entre janeiro de 1996 e fevereiro de 2016).

105 **2.2 Estratégia de busca por literatura**

106 Usamos duas bases de dados eletrônicas para a busca de literatura científica:
107 Scopus © e ISI Web of Science ©. Os termos de pesquisa utilizados foram inseridos nas
108 categorias “título, resumo e palavras-chave” e “Tópico” (TS). A busca baseou-se em
109 seis conjuntos de palavras-chaves, igualmente aplicados às duas bases de dados. O
110 conjunto principal foi referente às variações nos termos de exposição (estrutura
111 estudada) e incluiu "Power line*" OR "power-line*" OR "powerline*" OR
112 “transmission line*” OR “high voltage line*” OR “transmission system*”. O conjunto
113 principal foi cruzado separadamente com outros cinco conjuntos referentes ao objeto de
114 estudo (ambiente) por meio do operador booleano AND: (“habitat*” OR
115 “environment*”); ("landscape*" OR "terrestrial*" OR "soil*" OR "water bod*");
116 (“bio*diversity” OR “population*” OR “community” OR “specie*”); (“*vertebrate*”
117 OR “avian” OR “bird*” OR “mammal*” OR “amphibian*” OR “reptile*” OR
118 "wild*life" OR "human*"); (“vegetation*” OR “plant*” OR “grassland*” OR
119 “*forest*” OR “wetland*” OR "artificial*land*" OR "agricultur*”). Restringimos nossa
120 busca a artigos publicados somente em língua inglesa, pelas áreas de assunto de
121 interesse (e.g. ciência ambiental; ciência, tecnologia e meio ambiente) e literatura
122 publicada até 17 de fevereiro de 2016, data de execução da busca.

123 Para complementar a lista de potenciais efeitos, buscamos por Estudos de
124 Impacto Ambiental (EIAs) através da biblioteca digital do Instituto Brasileiro do Meio
125 Ambiente e Recursos Hídricos (IBAMA), órgão responsável pelo licenciamento de LTs
126 de maior extensão e que afetam mais de um estado no Brasil. Selecionamos os últimos

127 10 EIAs de projetos de linhas de transmissão disponíveis até a data de execução da
128 revisão (<http://licenciamento.ibama.gov.br>) (Material Suplementar, Tabela S2).
129 Analisamos especificamente a sessão de Identificação e Avaliação de impactos.

130 **2.3 Análise dos artigos publicados**

131 Através das buscas, compilamos uma lista com 5547 títulos únicos, ou seja, sem
132 sobreposição de trabalhos, obtidos nas bases de dados Scopus © e ISI Web of Science.
133 Com base nessa lista realizamos a primeira triagem a partir do título e resumos,
134 excluindo trabalhos com conteúdo não correspondente aos objetivos de pesquisa. Os
135 critérios de exclusão estão especificados no modelo esquemático das etapas realizadas
136 na revisão (Figura 1). É importante ressaltar que não consideramos os impactos na
137 população humana (e.g. poluição visual).

138 Após a primeira triagem obtivemos uma lista com 597 trabalhos. A segunda fase
139 de triagem consistiu na análise do documento completo dos estudos e exclusão daqueles
140 trabalhos que não conseguimos acesso, mesmo após entrar em contato com os
141 respectivos autores. Selecionamos apenas os artigos que avaliavam os impactos
142 causados pelas linhas de transmissão excluindo, por exemplo, estudos sobre o campo
143 eletromagnético envolvendo experimentos em ambientes controlados, estudos que
144 tratavam de danos nas estruturas das linhas mesmo que fossem causados por
145 organismos (ou seja, com inversão de sentido do impacto) e àqueles que tratavam
146 especificamente sobre métodos de manutenção do corredor de servidão das linhas. Nas
147 duas fases de triagem a inclusão e exclusão de artigos foi estabelecida pela congruência
148 entre os dois autores.

149 Após a segunda triagem obtivemos 203 estudos que avaliaram os efeitos e/ou
150 impactos causados pelas linhas. Assim como em Kabisch et al. (2014), também
151 aplicamos o método *snowballing*, verificando as referências e citações de 100 estudos

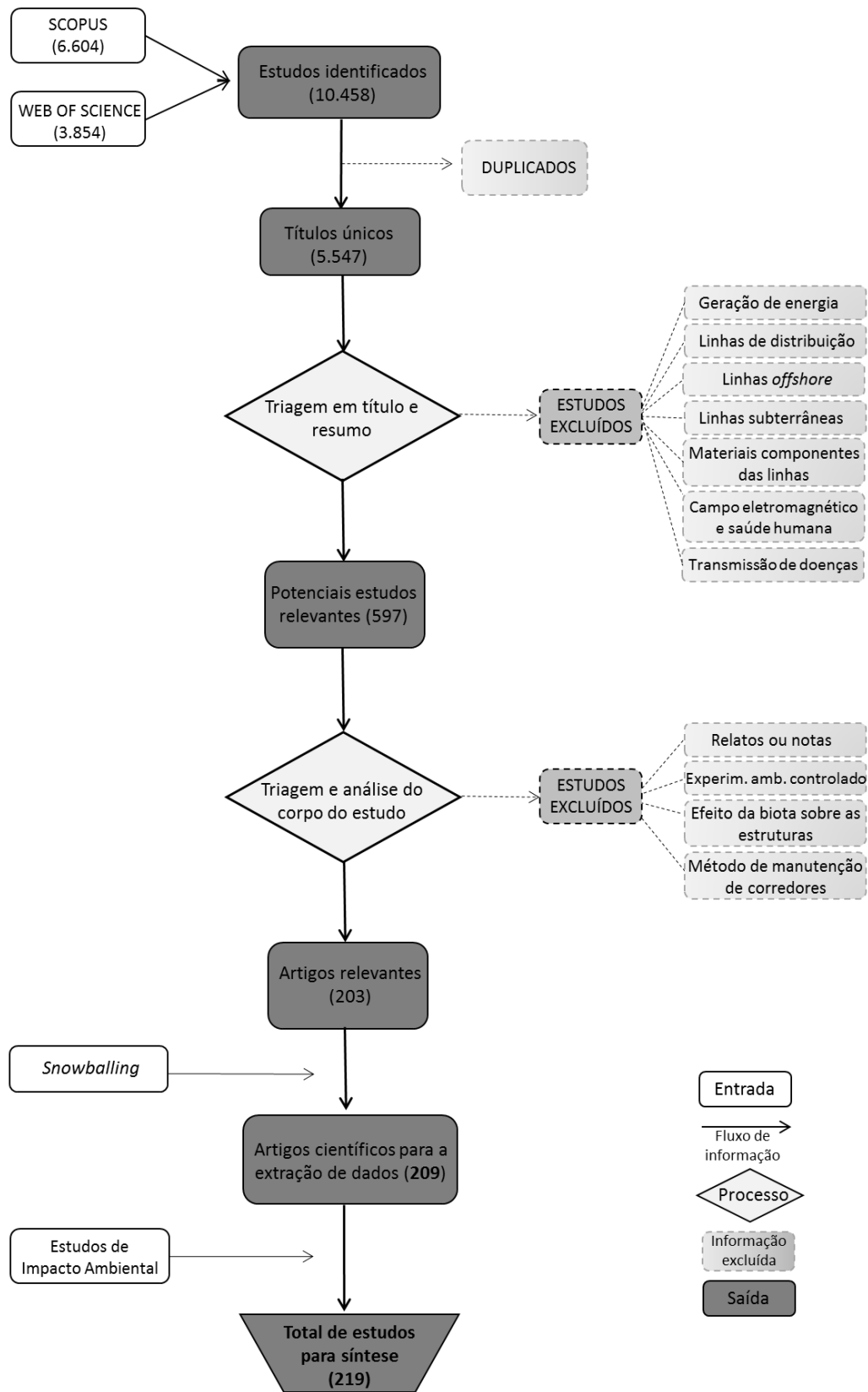
152 mais recentes do conjunto de artigos obtidos, acrescentando seis artigos adicionais na
153 revisão.

154 No total, obtivemos 209 artigos científicos dos quais sintetizamos o ano e país
155 no qual o estudo foi desenvolvido, a resposta biótica estudada (impacto ambiental), o
156 grupo faunístico envolvido, se havia foco em espécie ameaçada e a natureza do impacto
157 abordado (negativo, positivo, neutro ou inconclusivo) baseada na interpretação dos
158 autores originais, independente da adequação ou não do método empregado para gerar
159 as inferências.

160 A partir do levantamento da resposta biótica estudada, enquadramos cada um
161 dos estudos dentro de um efeito ambiental (Tabela 1) e também dentro de uma possível
162 ação geradora referente à fase de instalação ou operação da linha. Alguns artigos podem
163 estudar mais de um efeito (e.g. ao estudar fragmentação também podem ser avaliados o
164 efeito barreira e perda de habitat) e também mais de um impacto. Nesses casos o estudo
165 foi contabilizado em cada uma das categorias avaliadas.

166 Tabela 1. Critérios utilizados para o enquadramento dos efeitos ambientais descritos nos artigos
167 analisados. (LT, linha de transmissão).

| Efeito | Enquadramento |
|---------------------------|--|
| Efeito Barreira | LT como um obstáculo físico para indivíduos (colisão de aves) ou resposta dos indivíduos à presença da LT com uma alteração no comportamento. Morte da fauna por atropelamento nas estradas de acesso |
| Linha como recurso | Uso das estruturas da linha como recurso para espécies (eletrocussão) |
| Criação de novos habitats | Aumento da área/abundância de organismos ou colonização por novas espécies no local |
| Fragmentação | Reconhecemos que os autores entendem a fragmentação com diferentes definições, portanto, consideramos fragmentação quando o autor usou o termo |
| Efeito de borda | Reconhecemos que o efeito de borda pode ter diferentes definições e pode ser avaliado no nível de mancha de habitat ou paisagem, portanto, consideramos efeito de borda quando o autor usou o termo |
| Campo eletromagnético | Respostas em organismos em relação à exposição dos mesmos ao campo eletromagnético |
| Efeito corredor | Movimentação de indivíduos ao longo do corredor formado para trânsito entre habitats remanescentes ou dispersão |
| Perda de habitat | Redução da quantidade e/ou qualidade de habitat para um determinado organismo |
| Risco de incêndio | Incêndio causado durante a operação da linha |
| Poliuição Sonora | Resposta de organismos ao ruído causado pela instalação ou operação de LTs |



169

170

171

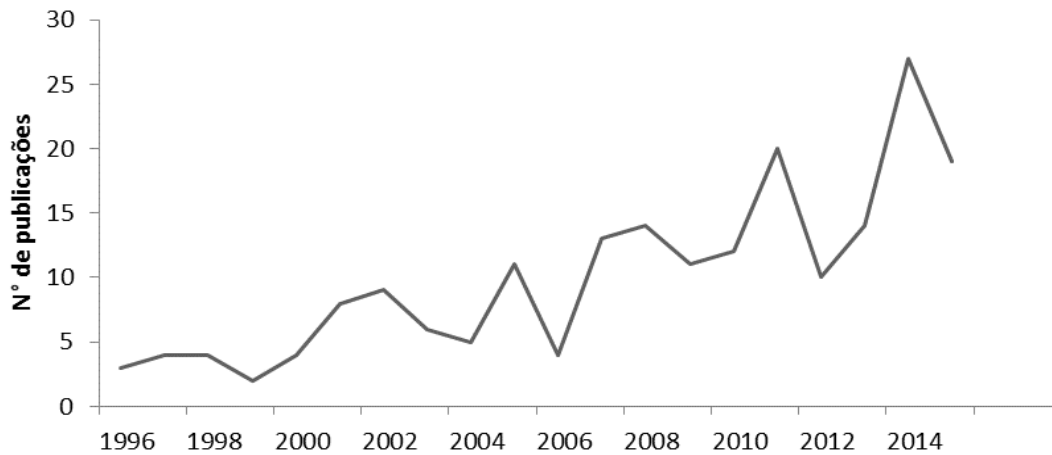
Figura 1. Fluxograma mostrando as etapas executadas na Revisão Sistemática de acordo com a estrutura recomendada por CEE (2013).

172 **Resultados**

173

174 **3.1 Síntese e padrões gerais dos artigos científicos**

175 O número de artigos sobre os efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de
176 energia vem crescendo ao longo do período estudado. Nos últimos anos avaliados foram
177 publicados cinco vezes mais artigos do que no primeiro ano do estudo (Figura 2).

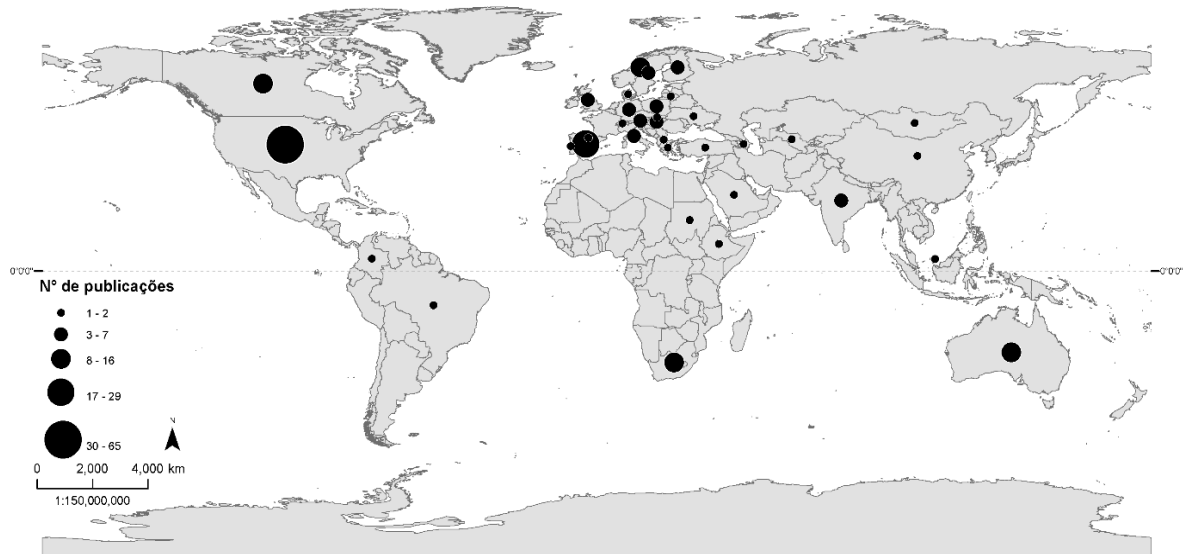


178

179 Figura 2. Número artigos publicados sobre os efeitos ambientais causados por linhas de
180 transmissão de energia.

181

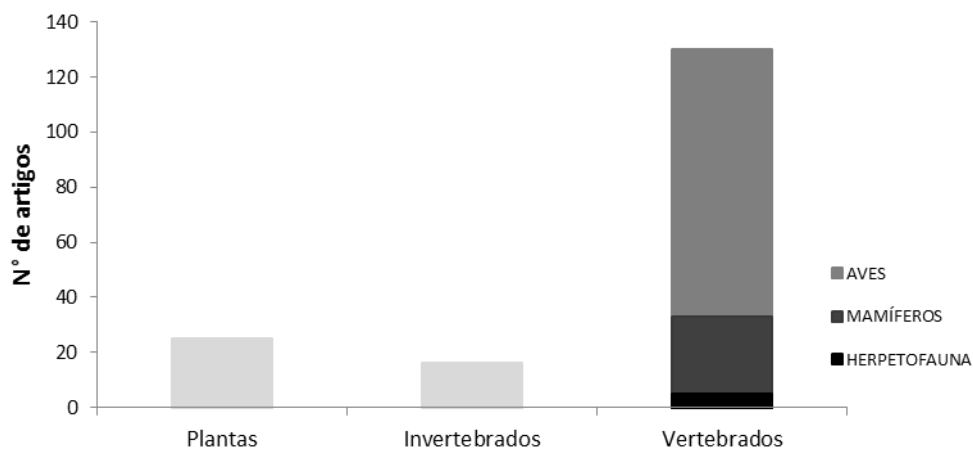
182 Como esperado a avaliação de efeitos de linhas de transmissão está fortemente
183 concentrada no hemisfério norte (Figura 3). Esse viés pode ser parcialmente
184 consequência da estratégia de busca utilizada, que filtrou somente literatura em inglês.
185 A grande maioria dos artigos (75,6%) se concentra apenas nos continentes Europeu e
186 América do Norte. América do Sul foi o continente com menor número de publicações
187 (n = 4). Excluindo as revisões bibliográficas, os países com maior investigação sobre o
188 tema foram: Estados Unidos (n = 65), Espanha (n = 29), Noruega (n = 16), Canadá (n =
189 11) e África do Sul (n = 10) (Figura 3).



190
 191 Figura 3. Distribuição do número de artigos publicados por país sobre os efeitos ambientais
 192 causados por linhas de transmissão de energia com localização da área de estudo.

193

194 Os componentes bióticos afetados ou não pelas LTs abrangeram, além de
 195 plantas, os mais variados grupos faunísticos como invertebrados (e.g., Gastropoda,
 196 Araneae, Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, Orthoptera) predominando, porém os
 197 vertebrados, sobretudo as aves (Figura 4). Impactos ambientais sobre espécies com
 198 algum grau de ameaça foram avaliados em 30,1% dos artigos (n = 63), na sua maioria
 199 focados em aves.

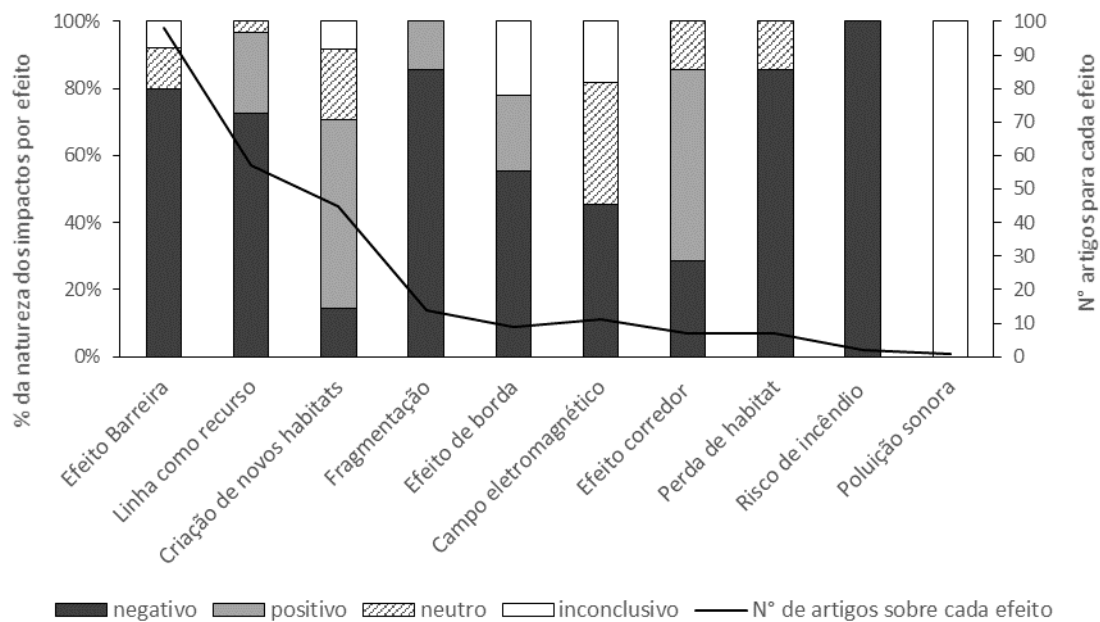


200

201 Figura 4. Número de artigos sobre impactos de LTs envolvendo cada grupo de organismos.

202

203 Dos dez efeitos encontrados nos artigos científicos houve predominância da
 204 avaliação do “efeito barreira”, do “uso da linha como recurso” e da “criação de novos
 205 habitats” (Figura 5). Nesses mesmos artigos encontramos 26 diferentes impactos
 206 ambientais (respostas bióticas) resultantes dos dez efeitos elencados. A proporção das
 207 diferentes categorias de natureza do impacto variou entre os efeitos (Figura 5),
 208 predominando impactos negativos para a maioria dos efeitos exceto “criação de novos
 209 habitats” e “efeito corredor” nos quais um maior número de artigos descreveu impactos
 210 positivos. De maneira geral 59% das respostas bióticas descreveram resultados
 211 negativos, 21,6% positivos, 12,4% neutros e 7% inconclusivos.

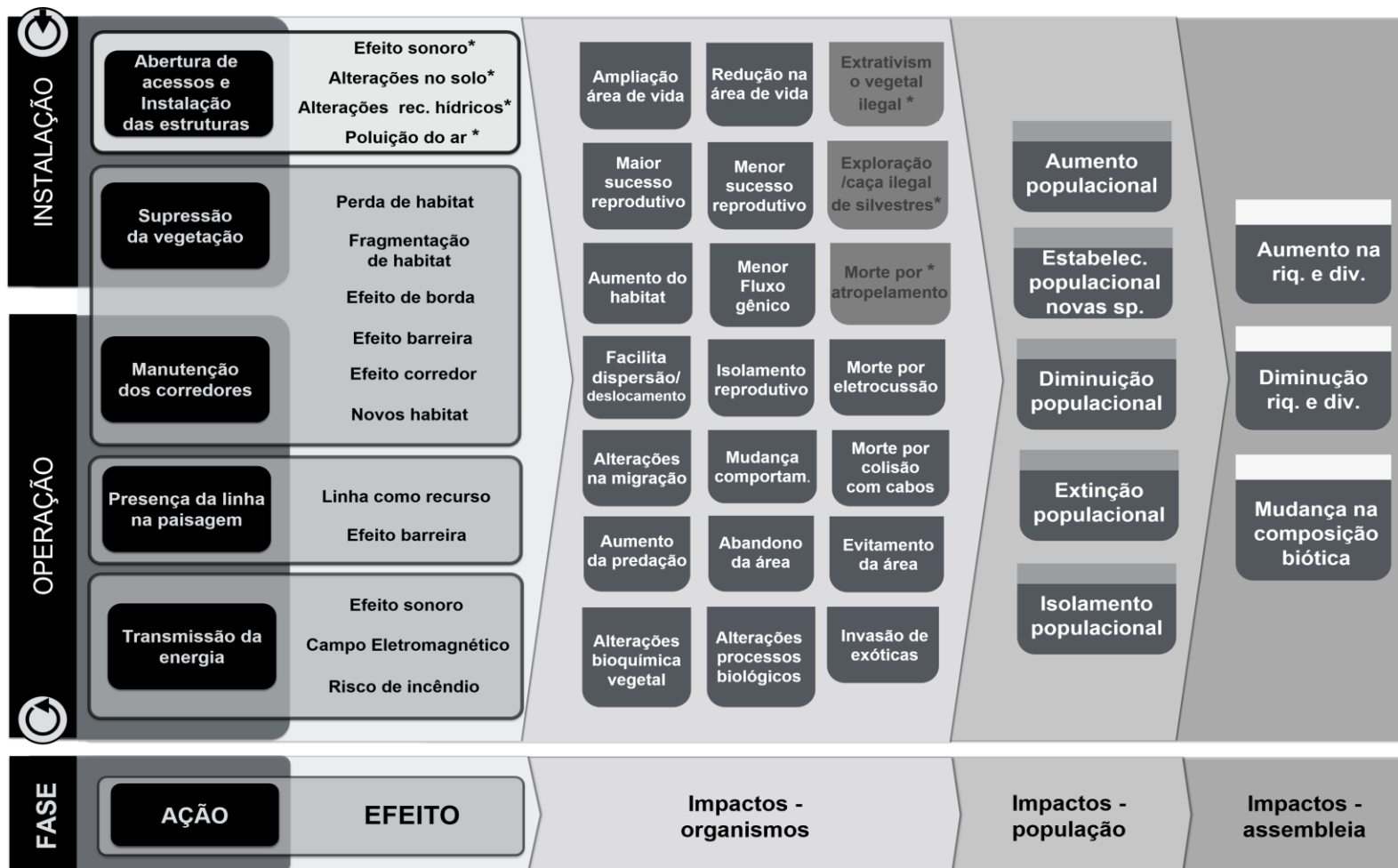


212
 213 Figura 5. Efeitos encontrados nos artigos científicos da revisão sistemática. A linha preta
 214 representa o número de artigos para cada efeito (escala da direita). Barras (escala da esquerda)
 215 representam a porcentagem de estudos em cada efeito que revelaram, segundo os autores
 216 originais, impactos negativos (preto), positivos (cinza escuro), neutros (hachurado) ou
 217 inconclusivos (branco).

218
 219 Os impactos foram estudados em nível de organismos, população e assembleia
 220 (Figura 6). A síntese dos efeitos e impactos ambientais resultante das diferentes
 221 atividades associadas a cada uma das etapas (construção e operação) de linhas de

222 transmissão está ilustrada no nosso modelo conceitual (Figura 6). Na elaboração do
223 modelo evitamos ligar os diferentes impactos aos efeitos, pois são múltiplas as ligações
224 possíveis o que poluiria demasiadamente o modelo.

225 Quatro efeitos ambientais foram acrescentados à lista a partir da consulta dos
226 Estudos de Impacto Ambiental, todos eles referentes à fase de instalação da LT e
227 relacionados com a ação de “abertura de acessos e instalação das estruturas” (Figura 6).
228 Na lista de impactos foram adicionadas a morte da fauna por atropelamento e a
229 exploração ilegal da fauna e flora silvestres do local (Figura 6).



1
 2 Figura 6. Modelo conceitual dos efeitos ambientais e impactos na biota encontrados na Revisão Sistemática relacionados com as respectivas fases e
 3 principais ações causais. (*) indicam os efeitos e impactos retirados da literatura cinza.

3.2 Descrição dos efeitos encontrados

Efeito barreira

A presença de uma nova estrutura na paisagem, como uma linha de transmissão, pode representar um obstáculo físico para determinados organismos (Colman et al. 2012), como é o caso das colisões das aves com as linhas de energia. Em nossa revisão, 27% dos artigos (n = 56) trataram sobre o tema das colisões das aves. Desses trabalhos, 32 estavam interessados no declínio populacional de espécies focais, sendo que 20 apontaram a colisão dos indivíduos com as linhas como uma das principais causas de declínio, incluindo espécies com algum grau de ameaça de extinção (Material Suplementar, Tabela S1). Mesmo com a ênfase recente no estudo da viabilidade populacional das espécies, segundo Tere & Parasharya (2011) os efeitos cumulativos das linhas e outras fontes de mortalidade pode se manifestar apenas décadas depois, dificultando a reversão da tendência de extinção populacional.

Os indivíduos também podem responder à presença da barreira com uma alteração em seu comportamento, por exemplo, evitando cruzar uma zona na paisagem. A mudança no comportamento de voo em aves que se aproximavam de linhas de energia foi observada por Pruet et al. (2009a) e Raab et al. (2011), indicando que as aves perceberam a linha como uma barreira e reagiram evitando ela. Embora esse comportamento possa reduzir o risco de colisão com LTs, é muito provável que tenha consequências para o deslocamento das aves em toda a paisagem (Raab et al. 2011). Segundo Gillan et al. (2013), aves da espécie *Centrocercus urophasianus* evitaram ambientes com linhas de energia a uma distância de 0,6 km e indivíduos de *Tympanuchus cupido* evitaram a 0,5 km (Pruet et al. 2009b). No entanto, Walters et al. (2014) não encontrou evidência da influência de estruturas altas - entre elas LTs - no comportamento de evitação das aves. Outra forma de evitamento foi evidenciada no

28 estudo de Milson et al. (2000), que demonstrou que a probabilidade de nidificação de
29 aves migratórias diminuiu em locais com linhas de energia. Silva et al. (2010) e
30 Santiago-Quesada et al. (2014) demonstraram que a distância de linhas de transmissão é
31 o fator que mais influencia na escolha do local de reprodução e descanso, influenciando
32 o deslocamento de aves migratórias e até mesmo agindo como barreira às populações.

33 Vários estudos sugerem que para mamíferos ungulados a faixa de servidão das
34 linhas de energia, particularmente em combinação com estradas, pode afetar
35 substancialmente a distribuição e densidade dos animais. Esse resultado pode ser
36 causado pela maior exposição ao risco de predação, redução das condições de forrageio
37 e deslocamento e diminuição da qualidade de seus habitats (e.g. Nellemann et al. 2003;
38 Riceau et al. 2009; Bartzke et al. 2014). No entanto, alguns trabalhos encontraram
39 resultados neutros e inconclusivos a respeito do evitamento de áreas e mudanças
40 comportamentais sobre esse grupo na presença de LTs (e.g. Colman et al. 2015; Eftestøl
41 et al. 2015; Bartzke et al. 2015).

42 Nos estudos de Wilson et al. (2007) e Asari et al. (2010) houve efeito negativo
43 do corredor da linha sobre o deslocamento de pequenos mamíferos arborícolas,
44 impedindo a movimentação de alguns indivíduos. Segundo Cecala et al. (2014), a
45 perturbação de linhas e outras estruturas sobre pequenos riachos e ambientes de mata
46 riparia podem ter potencial de limitar a conectividade populacional de salamandras. Em
47 um estudo com répteis, Latch et al. (2011) demonstrou, no entanto, que as linhas de
48 energia não fazem parte das variáveis que influenciam a perda de fluxo gênico.

49 O atropelamento da fauna nas estradas de acesso para a implantação das linhas é
50 causado pelo aumento do fluxo de automóveis e maquinário de obras e é um impacto
51 mencionado apenas nos EIAs. Contudo, em nenhum dos estudos consultados a
52 magnitude e as potenciais consequências para as populações foram estimadas.

53 **Linha como recurso**

54

55 A presença do conjunto de estruturas de uma linha de transmissão – cabos e
56 torres – pode servir de recurso para algumas espécies de aves. É comum o registro de
57 aves que utilizam as estruturas da LT como poleiro para forrageio e/ou reprodução,
58 ampliando suas áreas de vida e trazendo benefícios para o indivíduo, população e
59 comunidade (Morelli et al. 2014; Mainwaring 2015).

60 Infante & Peris (2003), Arkumarev et al. (2014), Janiszewski et al. (2015) e
61 Mainwaring (2015) demonstraram o uso de torres para a nidificação de várias espécies
62 de aves, inclusive ameaçadas de extinção, enquanto Narayana et al. (2014) e Morelli et
63 al. (2015) observaram o uso da linha como poleiro para forrageio de *Lanius collurio* e
64 *Dicrurus macrocercus*, respectivamente. Para algumas espécies de aves foi evidenciado
65 o aumento da área de vida (Phipps et al. 2013) ou aumento populacional (e.g. Dixon et
66 al. 2013; Howe et al. 2014), inclusive para espécies de aves de áreas rurais em declínio
67 populacional (Tryjanowski et al. 2014).

68 Entre as respostas negativas está a eletrocussão resultante do uso das torres pelas
69 aves, na maioria dos casos observada em rapinantes (e.g. Lehman 2007; Tintó et al.
70 2010; Guil et al. 2011). Dos 38 estudos que abordam a morte da avifauna por
71 eletrocussão, em 12 esses eventos foram uma das principais causas de declínio
72 populacional (Tabela S1). Para espécies raras, como *Aquila fasciata*, mesmo em
73 frequências muito baixas, a eletrocussão pode levar uma população local à extinção
74 (Hernández-Matías et al. 2015).

75 **Criação de novos habitats**

76 A supressão da vegetação na fase de instalação e manutenção da faixa de
77 servidão durante a operação, sobretudo em formações florestais, representa uma
78 oportunidade de colonização para espécies de formações abertas. No estudo de Nekola

79 (2012) a redução de espécies florestais dentro do corredor foi compensada pelo
80 estabelecimento de espécies vegetais ainda mais raras, e de acordo com Hollmen et al.
81 (2008), a faixa de servidão correspondeu a um habitat de sucessão inicial para
82 coleópteros.

83 Além de proporcionar novos habitats, a faixa de servidão pode ampliar a área de
84 vida e o habitat de algumas espécies como observado em Smallidge et al. (1996) e Berg
85 et al. (2010) para borboletas e em King & Byers (2002) para aves. Segundo Shine et al.
86 (2002), as faixas de servidão das LTs além de prolongarem o limite do habitat para
87 répteis, também podem modificar a estrutura genética e demográfica das populações.
88 Além desses impactos, nove estudos evidenciaram mudanças na composição biótica e
89 aumento na riqueza e abundância de espécies (Tabela S1).

90 Um caso especial resultante da criação de novos habitats é a colonização de
91 espécies vegetais exóticas invasoras, avaliado por sete trabalhos em nossa revisão
92 (Tabela S1). Dubé et al. (2011) mostraram que as faixas de servidão da linha de energia
93 são eficientes corredores de dispersão de espécies nativas e invasoras em turfeiras e
94 Lampinen et al. (2015) observaram que a invasão por espécies exóticas é mais provável
95 nas faixas de servidão com maior incidência de luz, solos produtivos e cercados por
96 áreas urbanas. Além das faixas de servidão, as torres de energia podem desempenhar
97 um papel importante como refúgio para invasoras como *Prunus serotina* em paisagens
98 agrícolas (Manier et al. 2014).

99 **Fragmentação**

100 A literatura sobre a fragmentação do habitat é diversa, com diferentes autores
101 medindo a fragmentação de maneiras distintas e, conseqüentemente, extraindo
102 conclusões divergentes quanto à magnitude e direção de seus impactos (Fahrig 2003).
103 Por exemplo, para With et al. (1997) fragmentação é uma interrupção na conectividade

104 de paisagem, enquanto que para Collinge (2009) consiste na divisão de uma
105 determinada área em manchas menores, porém com controle na mudança da quantidade
106 de habitat. Segundo Fahrig (2003), o processo de fragmentação pode resultar em
107 impactos menos evidentes sobre a biodiversidade, com natureza positiva ou negativa.

108 A fragmentação pode ser resultante da abertura de acessos e da faixa de servidão
109 para a instalação de LTs. Öster et al. (2007) demonstraram que, conforme a
110 heterogeneidade do ambiente aumentou pela presença de linhas de transmissão, a
111 diversidade vegetal de áreas de pastagens também cresceu. De acordo com Willyard &
112 Tikalsky (2008), as servitudes das linhas de energia não parecem ter grandes impactos
113 negativos para fauna e flora, porém, os efeitos benéficos, além de ser espécie-
114 específicos, são estreitamente localizados, ou seja, não podem ser extrapolados para
115 outras espécies em outras localidades.

116 A maior parte dos estudos sobre fragmentação abordou impactos negativos
117 (Tabela S1). Asari et al. (2010) verificaram mudanças no deslocamento de pequenos
118 mamíferos florestais da espécie *Petaurus gracilis* enquanto que Nellemann et al. (2003)
119 e Skarin et al. (2015) observaram o mesmo para mamíferos ungulados e Silva et al.
120 (2010); Hovick et al. (2015) para aves. O Isolamento e diminuição populacional foram
121 impactos encontrados no estudo de Paten et al. (2005) e Cecala et al. (2014) para aves e
122 anfíbios, respectivamente.

123 **Efeito de borda**

124
125 O efeito de borda tem como causa as ações de supressão da vegetação para
126 abertura (fase de implantação) e manutenção (fase de operação) da faixa de servidão. A
127 exposição dos limites das manchas florestais tem o potencial de aumentar gradientes
128 microclimáticos e influenciar a biota em diferentes direções. Os resultados de Pohlman

129 et al. (2009) indicaram que as clareiras de infraestruturas de linhas de alta tensão e
130 rodovias podem reduzir a disponibilidade de habitat de interior de matas.

131 Em relação aos impactos positivos causados pelo efeito de borda, Berg et al.
132 (2011) observou que os corredores da LT juntamente com suas bordas florestais são
133 importantes habitats para borboletas, viabilizando melhores condições de recurso para
134 polinizadores. Ao analisar o efeito de borda na abundância e nidificação de aves, King
135 et al. (2009) encontraram que as bordas serviram de habitat para espécies de borboletas
136 ameaçadas que ocorrem na fase de sucessão inicial. Deng & Gao (2003) verificaram
137 aumento da predação e menor sucesso reprodutivo de aves da espécie *Emberiza cioides*
138 em bordas abruptas de corredores de linhas de transmissão. Segundo os resultados de
139 Evans & Gates (1997), a abundância média de aves da espécie *Molothrus ater*, parasita
140 de ninhos de outras espécies, foi maior em bordas da faixa de servidão da linha do que
141 quando comparada com bordas de rodovias e das manchas com vegetação arbustiva.

142 Prieto et al. (2014) verificaram que, mesmo sem um aumento na riqueza de
143 espécies, a criação de clareiras relacionada às linhas de transmissão causou efeitos de
144 borda que afetaram significativamente as comunidades de sub-bosque em um
145 remanescente de floresta atlântica. No estudo de Reznik et al. (2012) os resultados
146 indicaram influência do efeito de borda na fenodinâmica de frutificação de espécies
147 zoocóricas, o que sugere que faixas de servidão das linhas de transmissão afetam
148 também a dinâmica temporal de disponibilidade de frutos.

149 **Efeitos do Campo eletromagnético**

150

151 Os impactos das ondas eletromagnéticas sobre os organismos ainda permanecem
152 incertos. No entanto, alguns autores suspeitam que a exposição contínua ao campo
153 eletromagnético possa gerar alterações comportamentais, repercutindo no sucesso

154 reprodutivo e na sobrevivência dos indivíduos (Fernie & Reynolds 2005), além de
155 causar alterações “silenciosas” em processos bioquímicos.

156 Nossa revisão resultou em 11 estudos que trataram do efeito do campo
157 eletromagnético em diferentes organismos (Tabela S1). Burda et al. (2009) estudaram
158 mudanças no comportamento de ruminantes próximos a linhas de alta tensão e
159 verificaram diferenças no alinhamento do corpo de indivíduos que se encontravam
160 dentro da área de abrangência do campo. Reduções no sucesso reprodutivo de
161 indivíduos de aves da espécie *Iridoprocne bicolor* que se encontravam sob linhas de alta
162 tensão foram observadas por Doherty & Grubb (1998). O tamanho da ninhada e o
163 volume dos ovos da espécie *Parus major* aumentaram quando encontrados sob o efeito
164 do campo eletromagnético, indicando a necessidade de um maior investimento em
165 sucesso reprodutivo para essa espécie (Tomás et al. 2012). Contudo, Costantini et al.
166 (2007) e Dell'Omo et al. (2009) testaram diferenças na fisiologia reprodutiva de *Falco*
167 *tinnunculus* e seus resultados quanto ao efeito do campo sobre algumas variáveis foram
168 considerados neutros em ambos os casos.

169 Impactos do campo eletromagnético sobre a fisiologia de plantas também foram
170 observados por Mahmood et al. (2013) com alterações na atividade enzimática e por
171 Aksoy et al. (2010) com aumento de mutações genéticas. Com relação ao crescimento
172 de plantas, os resultados foram inconclusivos (Soja et al. 2003) ou neutros (Demir
173 2010).

174 **Efeito corredor**

175

176 A faixa de servidão da linha de transmissão pode servir como um conector entre
177 áreas, sendo utilizado como passagem pela fauna. No estudo de Smith et al. (2008),
178 grandes carnívoros exibiram forte preferência no deslocamento pelas faixas de servidão

179 das LTs, pelo fato de serem livres de obstruções. O mesmo resultado foi encontrado por
180 Paquet & Callaghan (1996), para o lobo *Canis lupus*.

181 De acordo com Bartzke et al. (2014) a presença do corredor de linhas de
182 transmissão pode facilitar o acesso de caçadores e predadores de ungulados. Além do
183 aumento no risco de predação, o corredor pode diminuir a qualidade do habitat,
184 dificultando a locomoção de *Odocoileus virginianus* em algumas situações, como por
185 exemplo, quando há acúmulo de neve (Riceau et al. 2009).

186 Nos Estudos de Impacto Ambiental foi indicada a possibilidade do uso da faixa
187 de servidão da linha como corredor de deslocamento para humanos. O corredor permite
188 maior acesso ao interior dos remanescentes, sobretudo florestais, viabilizando práticas
189 de caça e exploração ilegal da flora silvestre. Esse impacto não foi avaliado nos estudos,
190 aparecendo apenas como uma hipótese.

191 **Perda do habitat**

192 A perda de habitat foi considerada como redução da quantidade e/ou qualidade
193 de habitat para um determinado organismo, sendo que a menor capacidade do ambiente
194 em sustentar determinadas populações revela impactos negativos desse efeito sobre a
195 biodiversidade (Fahrig 2003). Poucos estudos foram realizados sobre a perda de habitat
196 através da presença das LTs e os impactos encontrados foram todos referentes às aves
197 (Tabela S1).

198 Segundo Lorant & Vadasz (2014), as linhas de energia reduzem a extensão de
199 locais adequados para a reprodução de *Otis tarda* na Hungria. Outros impactos descritos
200 incluem, a diminuição do número de nidificações de aves no solo pela presença de
201 linhas de transmissão (Orłowski 2010) e a correlação negativa do número de filhotes
202 de *Lanius collurio* com o número de LTs (Goławski & Meissner 2008) . Os modelos de
203 Krüger et al. (2015) indicam fortemente a influência de linhas de transmissão no

204 abandono de territórios por indivíduos da *Gypaetus barbatus*, com a probabilidade de
205 ocupação inversamente proporcional ao aumento na densidade de LTs. No estudo de
206 Walker et al. (2007) os resultados indicam que linhas de energia têm efeito negativo na
207 permanência populacional de *Centrocercus urophasianus*. Contudo, segundo Dunkin et
208 al. (2009) houve impacto neutro quanto à presença de LTs a distância inferiores a 250
209 metros na população de *Colinus virginianus*.

210 **Risco de incêndio**

211 A inserção da linha de transmissão em uma paisagem além de fazer com que o
212 ambiente fique mais vulnerável a ações antrópicas pode facilitar a dispersão do fogo
213 (Cho et al. 2015). É importante ressaltar que a probabilidade de incêndios pode
214 aumentar como consequência da transmissão da energia, por exemplo, pela morte de
215 aves por eletrocussão (Lehman & Barret 2002). Rodrigues et al. (2014) observaram a
216 presença de linhas de transmissão como um dos fatores de aumento de risco de incêndio
217 florestal na Espanha.

218 **Efeito sonoro**

219
220 A ação eólica pode produzir ruídos por causar vibrações nos cabos e, segundo
221 Straumann (2011), descargas energéticas também podem produzir o efeito de corona,
222 que resulta em estalos ou pulsos de ruídos. Os impactos decorrentes desse efeito ainda
223 são pouco estudados. Apenas um artigo sobre esse tema foi publicado e nele análises de
224 audiograma sugeriram que renas ouvem o ruído do efeito de corona de linhas de energia
225 (300 e 420 kV) a uma distância de até 79 metros (Flydal et al. 2003). Entretanto, a real
226 influência do ruído permanente no comportamento desses organismos ainda permanece
227 incerta.

228 Alguns EIAs inferem que poderá ocorrer o afugentamento da fauna por
229 influência dos ruídos durante a fase de construção da LT. Os resultados de Colman et al.

230 (2015) indicam que as linhas podem não ser uma perturbação permanente na causa da
231 evasão de ungulados selvagens, contudo, as atividades de construção têm potencial de
232 induzir uma redução temporária no uso da área por esses animais.

233 **Poluição do ar**

234 A poluição do ar aparece como possível efeito na maioria dos EIAs. Está
235 associada principalmente à fase de instalação da linha, relacionada com a suspensão de
236 poeira e emissões atmosféricas por fontes móveis (parque de obras e estradas de acesso
237 para instalação das torres). Embora o resultado desse efeito seja muito provavelmente
238 local e temporário, não há nenhuma avaliação da consequência dessa alteração sobre a
239 biodiversidade local.

240 **Alteração na qualidade do solo e dos recursos hídricos**

241 As alterações na qualidade do solo e dos recursos hídricos são efeitos abordados
242 em todos os Estudos de Impacto Ambiental. Podemos esperar que os processos erosivos
243 e de contaminação sejam resultado das intervenções no solo necessárias para abertura
244 dos acessos, supressão da vegetação e implantação da faixa de servidão e praças de
245 construção da LT. Essas mesmas ações têm influência sobre a dinâmica do escoamento
246 superficial das águas, onde a velocidade e o volume tendem a aumentar. O escoamento
247 de detritos e material particulado para dentro de corpos d'água, além de potencialmente
248 causar o assoreamento dos canais fluviais, também altera a qualidade da água pelo
249 aumento da turbidez. Os efeitos sobre qualidade do solo e dos recursos hídricos refletem
250 aspectos técnicos de análise obrigatória para a implantação das linhas. No entanto, não
251 há estimativa da consequência dessas alterações sobre organismos nos EIAs e também
252 não encontramos literatura científica sobre o tema.

253

254

255 4. Discussão

256
257 Nossa revisão é a primeira revisão sistemática que abrange todos os potenciais
258 impactos conhecidos causados pela instalação e operação de linhas de transmissão de
259 energia. Um dos nossos maiores desafios nessa revisão foi sintetizar de maneira
260 consistente e visualmente eficiente em um modelo conceitual a sequencia hierárquica de
261 acontecimentos resultantes da implantação e operação de LTs, reconhecendo os vários
262 níveis biológicos em que os impactos podem se manifestar e podem ser estudados. O
263 sistema de ação-efeito-impacto adotado por Karlson et al. (2014) foi o que melhor se
264 enquadrou a nossa proposta, com uma pequena adaptação. Efeito e impacto com
265 frequência são utilizados como sinônimos (IAIA 2009) e, mesmo no esquema de
266 Karlson et al. (2014), com a definição adotada pelo autor, pelo fato de qualquer
267 intervenção gerar uma cadeia de alterações, o enquadramento em efeito ou impacto
268 poderia ser confuso. No nosso esquema, as variáveis de interesse último são bióticas
269 (mudanças na condição de indivíduos, populações ou comunidades) e o seu estado
270 dependerá das mudanças promovidas nas condições ambientais (abióticas)
271 desencadeadas pelas atividades do empreendimento. Julgamos que essa delimitação
272 condiz melhor com a sequência de eventos observados e permite um enquadramento
273 consistente, condição importante na elaboração de sínteses ou comparações entre
274 estudos ou tipologias de empreendimentos.

275 A lista de impactos obtida nesta revisão possivelmente não é completa e pode ser
276 expandida indefinidamente se adotarmos categorias de impactos mais específicas. Como
277 existe uma cadeia de repostas bióticas vinculadas (diretas, indiretas e assim por diante),
278 a lista de impactos é influenciada pelo grupo de organismos e/ou nível de vida
279 abordado, certamente envolvendo inúmeros *trade-offs* dependendo das interações

280 avaliadas, afetando inclusive a natureza da resposta (e.g. impacto negativo sobre
281 espécies predadoras pode resultar em impacto positivo em espécies presa).

282 No conjunto, as interações das linhas com a biodiversidade têm sido
283 investigadas em estudos envolvendo uma grande amplitude de organismos, porém, com
284 elevada concentração de pesquisas em aves. Além da perda e fragmentação de seus
285 habitats, efeitos que potencialmente afetam todos os organismos, as aves estão expostas
286 ao risco de mortalidade direta com essas estruturas (Loss et al. 2015). Em virtude disso,
287 os impactos mais estudados envolveram o efeito barreira (devido às colisões das aves
288 com os cabos) e linha como recurso (devido às eletrocussões), havendo poucos estudos
289 sobre perda de habitat, por exemplo. É notável a ausência de estudos relacionados a
290 grupos funcionais de menor mobilidade ou mais sensíveis às alterações físicas (e.g.
291 microclimáticas) associadas às faixas de servidão, como anfíbios, por exemplo.

292 É importante ressaltar que o número de trabalhos que avaliou cada efeito não é
293 uma medida da sua intensidade ou relevância. Nossa revisão buscou sintetizar e mostrar
294 o que está sendo estudado a respeito dos impactos causados pelas LTs e não fizemos
295 uma avaliação da forma como esses estudos têm sido realizados. Possivelmente uma
296 metanálise será capaz de evidenciar os efeitos e impactos prioritários (Haddaway et al.
297 2015) para comporem o escopo de Avaliação de Impacto Ambiental de projetos
298 individuais ou de programas de expansão da rede de transmissão. Contudo, mesmo as
299 metanálises devem ser vistas com cautela em virtude da eventual ausência de estudos de
300 impactos críticos (Raiter et al. 2014) e vieses na publicação de artigos, como o uso do
301 inglês como língua global da ciência (Amano et al. 2016) e a tendência de publicação de
302 resultados significativos (Martínez-Abraín 2013). Nós procuramos diminuir essas
303 eventuais ausências e vícios em nossa revisão pela complementação com literatura

304 cinza, cuja revisão contribuiu com a inclusão de dois efeitos adicionais de um total de
305 doze.

306 Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) deveriam ser planejados para identificar,
307 descrever e prever a gama de impactos previstos nos empreendimentos propostos
308 (Raiter et al. 2014). No entanto, essa ferramenta do licenciamento costuma ser criticada
309 por sua baixa qualidade e eficácia (Pope et al. 2013; Jaeger 2015). A maior parte dos
310 EIAs negligencia os efeitos em longo prazo na biodiversidade, ignorando os impactos
311 indiretos e cumulativos ao longo da operação das infraestruturas (Slootweg & Kolhoff
312 2003, Söderman 2005). Nossa listagem de possíveis efeitos e impactos ambientais
313 evidencia que grande parte deles perdura pela fase de operação das LTs, necessitando
314 ser monitorados ao longo dessa fase.

315 Concluindo, a fase de escopo é reconhecida como o passo fundamental para o
316 reconhecimento dos impactos potenciais prioritários, sendo uma das atividades
317 essenciais do processo de AIA (IAIA 1999). O resultado dessa fase é sintetizado em um
318 Termo de Referência (TR), o documento que orienta a elaboração do EIA com a
319 definição do seu conteúdo, abrangência e métodos (Sánchez 2008). A qualidade dos
320 TRs e por consequência dos EIAs dependerá da clara identificação de perguntas
321 prioritárias que apoiarão a decisão final, ou seja, principalmente do “por que amostrar?”
322 e “o que amostrar?” (Ferraz 2012). Nosso modelo conceitual foi elaborado no intuito de
323 aprimorar a integração da biodiversidade no planejamento de infraestruturas de
324 transmissão de energia e para ser aplicado na fase de definição do escopo dos EIAs,
325 direcionando os estudos para avaliação dos potenciais impactos e quebrando com a
326 lógica dos diagnósticos baseados na abordagem exaustiva (Sánchez 2008) ainda vigente
327 nos EIAs, pelo menos no Brasil (Freitas et al. no prelo).

328

5. Referências

- 329
- 330
- 331
- 332 Aksoy, H.; Unal, F.; Ozcan, S. 2010. Genotoxic effects of electromagnetic fields from
333 high voltage power lines on some plants. *Int. J. of Environ. Res.*, 4(4): 595-606.
- 334 Amano, T.; González-Varo, J.P.; Sutherland, W.J. 2016. Languages Are Still a Major
335 Barrier to Global Science. *PLoS Biol* 14(12): e2000933.
- 336 Araneo, R.; Martirano, L.; Celozzi, S.; Vergine, C. 2014. Low-environmental impact
337 routeing of overhead power lines for the connection of renewable energy plants to
338 the Italian. In: *14th Int. Conf. Environ. And Electr. Eng.*, p. 386:391.
- 339 Arkumarev, V.; Dobrev, V.; Abebe, Y.D.; Popgeorgiev, G.; Nikolov, S.C. 2014.
340 Congregations of wintering Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* in Afar,
341 Ethiopia: present status and implications for conservation. *Ostrich*, 85, 139–145.
- 342 Arlettaz, R.; Schaub, M.; Fournier, J.; Reichlin, T.S.; Sierro, A.; Watson, J.E.M.;
343 Braunisch, V. 2010. From publications to public actions: when conservation
344 biologists bridge the gap between research and implementation. *Bioscience* 60,
345 835–842.
- 346 Asari, Y., C.N.; Johnson, M.; Parsons & J. Larson. 2010. Gap-crossing in fragmented
347 habitats by mahogany gliders (*Petaurus gracilis*). Do they cross roads and
348 powerline corridors? *Australian Mammalogy* 3: 10–15.
- 349 Bagli S.; Geneletti D.; Orsi F. 2011. Routeing of power lines through least-cost path
350 analysis and multicriteria evaluation to minimise environmental impacts.
351 *Environmental Impact Assessment Review*, v.31, p.234:239.
- 352 Bartzke G.S.; May R; Bevanger K.; Stokke, S. & Roskaft, E. 2014. The effects of power
353 lines on ungulates and implications for power line routing and rights-of-way
354 management. *Int J Biodivers Conserv* 6(9):647–662.
- 355 Bartzke, G.S., May, R., Solberg, E.J., Rolandsen, C.M. & Roskaft, E. 2015. Differential
356 barrier and corridor effects of power lines, roads and rivers on moose (*Alces alces*)
357 movements. *Ecosphere*, 6, art67.
- 358 Belo Monte Transmissora de Energia (BMTE). 2015. *Relatório de Impacto Ambiental*
359 *Linha de Transmissão 800 kV Xingu/Estreito*. Disponível em:
360 [http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-](http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-Xingu-Estreito)
361 [Xingu-Estreito](http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-Xingu-Estreito). Acesso em: 07 de fevereiro de 2017.

362 Berg, A, Ahrné K, Öckinger E, Svensson R, Söderström B. 2011. Butterfly
363 distribution and abundance is affected by variation in the Swedish forest-farmland
364 landscape. *Biol Conserv.* 144(12):2819-2831.

365 Bevanger, K. 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by
366 electricity power lines: a review. *Biological Conservation* 86: 67-76.

367 Burda H, Begall S, Červený J, Neef J, Nešmec P. 2009. Extremely low-frequency
368 electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. *Proc Natl Acad Sci*
369 *USA* 106: 5708–5713.

370 Cecala, K.K., W.H. Lowe, and J.C. Maerz. 2014. Riparian disturbance restricts in-
371 stream movement of salamanders. *Freshwater Biology* 59:2354–2364.

372 Cho, M. A., Malahlela, O., & Ramoelo, A. 2015. Assessing the utility WorldView-2
373 imagery for tree species mapping in South African subtropical humid forest and the
374 conservation implications: Dukuduku forest patch as case study. *International*
375 *Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 349–357.

376 Collaboration for Environmental Evidence. 2013. *Guidelines for Systematic Review and*
377 *Evidence Synthesis in Environmental Management*. Version 4.2. Environmental
378 Evidence:
379 www.environmentalevidence.org/Documents/Guidelines/Guidelines4.2.pdf

380 Collinge, S. K. 2009. *Ecology of Fragmented Landscapes*. Baltimore: The Johns
381 Hopkins University Press.

382 Colman, J.E.; Eftestøl, S.; Tsegaye, D.; Flydal, K.; Myrsterud A. 2012. Is a wind-power
383 plant acting as a barrier for reindeer *Rangifer tarandus tarandus* movements? *Wildl*
384 *Biol* 18:439–445.

385 Colman, J.E.; Tsegaye, D.; Flydal, K.; Rivrud, I.M.; Reimers E, Eftestøl S. 2015. High-
386 voltage power lines near wild reindeer calving areas. *Eur J Wildlife Res* 61:881–
387 893.

388 Costantini, D., Casagrande, S., Dell’Omo, G. 2007. MF magnitude does not affect body
389 condition, pro-oxidants and anti-oxidants in Eurasian kestrel (*Falco tinnunculus*)
390 nestlings. *Environ. Res.* 104, 361–366.

391 Dell’Omo, G.; Costantini, D.; Lucini, V.; Antonucci, G.; Nonno, R.; Polichetti, A. 2009.
392 Magnetic fields produced by power lines do not affect growth, serum melatonin,
393 leukocytes and fledging success in wild kestrels. *Comp. Biochem. Physiol. C* 150,
394 372–376.

395 Demir, Z. 2010. Proximity effects of high voltage electric power transmission lines on
396 ornamental plant growth", *African Journal of Biotechnology*, Vol. 9, 6486-6491.

397 Deng, W.H.; Zheng, G.M.; Gao, W. 2003. Nesting success of the Meadow Bunting
398 along habitat edges in northeastern China. *Journal of Field Ornithology* 74 (1), 37–
399 44.

400 Dicks, L.V.; Walsh, J.C.; Sutherland, W.J. 2014. Organising evidence for
401 environmental management decisions: a '4S' hierarchy. *Trends Ecol. Evol.* 29,
402 607–613.

403 Dixon, A.; Purev-Ochir, G.; Galtbalt, B.; Batbayar, N. 2013. The use of power lines by
404 breeding raptors and corvids in Mongolia: Nest-site characteristics and
405 management using artificial nests. *Journal of Raptor Research*, 47(3):282-291.

406 Doherty Jr.; P.F., Grubb Jr. T.C., 1998. Reproductive success of cavity-nesting birds
407 breeding under high-voltage powerlines. *Am. Midl. Nat.* 140, 122–128.

408 Dubé, C.; S. Pellerin & M. Poulin. 2011. Do power line rights-of-way facilitate the
409 spread of nonpeatland and invasive plants in bogs and fens? *Botany*, 89: 91-103.

410 Dunkin, S.W.; Guthery, F.S.; Demaso, S.J.; Peoples, A.D.; Parry, E.S. 2009. Influence
411 of anthropogenic structures on northern bobwhite space use in western Oklahoma.
412 *Journal of Wildlife Management.* 73: 253–259.

413 Eftestøl, S.; Tsegaye, D.; Flydal, K. & Colman J.E. 2015. From high voltage (300 kV)
414 to higher voltage (420 kV) power lines: reindeer avoid construction activities. *Polar*
415 *Biology*: 1-11.

416 Erickson, W.P.; Johnson, G.D. & Young, D.P.Jr. 2005. A summary and comparison of
417 bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions.
418 *Department of Agriculture Forest Service General Technical Report* 191:1029–
419 1042.

420 Evans, D. R. & J. E. Gates. 1997. Cowbird selection of breeding areas: The role of
421 habitat and bird species abundance. *Wilson Bulletin* 109:470–480.

422 Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annu. Rev. Ecol. Evol.*
423 *Syst.*, 34:487-515.

424 Fernie, K.J. & Reynolds, S.J. 2005. The effects of electromagnetic fields from power
425 lines on avian reproductive biology and physiology: a review. *J. Toxicol. Environ.*
426 *Health B Crit. Rev.* 8:127-140.

427 Ferraz G. 2012. Twelve guidelines for biological sampling in environmental licensing
428 studies. *Natureza Conserv, Braz J Nat Conserv* 10(1):20–26.

429 Flydal, K; Kilde, I.R.; Enger, P. S.; Reimers, E. 2003. Reindeer (*Rangifer tarandus*
430 *tarandus*) perception of noise from power lines. *Rangifer*, 23 (1): 21-24.

431 Freitas, K.A.; Gonçalves, L.O.; Kindel, A.; Teixeira, F.Z. 2017. Road effects on wildlife
432 in Brazilian environmental 3 licensing. *Oecologia Australis* In Press.

433 Gillan, J. K.; E. K. Strand; J. W. Karl, K. P. Reese & T. Laninga. 2013. Using spatial
434 statistics and point-pattern simulations to assess the spatial dependency between
435 greater sage-grouse and anthropogenic features. *Wildlife Society Bulletin* 37:301–
436 310.

437 Golawski, A. & Meissner, W. 2008. The influence of territory characteristics and food
438 supply on the breeding performance of the red-backed shrike (*Lanius collurio*) in an
439 extensively farmed region of eastern Poland. *Ecological Research* 23, 347– 353.

440 Guil, F.; Fernández-Olalla M.; Moreno-Opo R.; Mosqueda I.; Gómez ME, et al. 2011.
441 Minimizing mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of
442 spatial aggregation to optimize the application of mitigation measures. *PLoS ONE*
443 6: e28212

444 Haddaway, N.R.; P. Woodcock, B.; Macura & A. Collins. 2015. Making literature
445 reviews more reliable through application of lessons from systematic
446 reviews. *Conservation Biology*. 29, No. 6, 1596–1605

447 Hernández-Matías, A.; Real, J.; Pares, F. & Pradel, R. 2015. Electrocution threatens the
448 viability of populations of the endangered Bonelli's eagle (*Aquila fasciata*) in
449 Southern Europe. *Biological Conservation*, 191: 110- 116.

450 Hollmen A.; Välimäki P.; Itämies J.; Oksanen J. 2008. The value of open power line
451 habitat in conservation of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) associated with
452 mires. *J Insect Conserv* 12: 163–177.

453 Hovick, T.J.; Dahlgren, D.K.; Pape, M.; Elmore, R.D. & Pit-man, J.C. 2015. Predicting
454 Greater Prairie-Chicken lek site suitability to inform conservation actions. *PLoS*
455 *ONE*, 10, e0137021.

456 Howe, K. B.; P. S. Coates.; & D. J. Delehanty. 2014. Selection of anthropogenic
457 features and vegetation communities by nesting Common Ravens in the sagebrush
458 ecosystem. *The Condor: Ornithological Applications* 116:35–49.

459 IAIA - International Association for Impact Assessment. 1999. *Principles of*
460 *Environmental Impact Assessment best practice*. Disponível em:
461 <http://www.iaia.org/best-practice.php>. Acesso em: 10 de fevereiro 2017.

462 IAIA - International Association for Impact Assessment. 2009. *Whats is Impact*
463 *Assessment?* Disponível em: http://www.iaia.org/uploads/pdf/What_is_IA_web.pdf.
464 Acesso em: 10 de fevereiro 2017.

465 Infante, O.; Peris, S. 2003. Bird nesting on electric power supports in northwestern
466 Spain. *Ecol. Eng.* 20, 321–326.

467 IEO. International Energy Outlook. 2016. *World energy demand and economic outlook*.
468 Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/world.cfm>. Acesso em: 7 de
469 fevereiro de 2017.

470 Jaeger, J. A. G. 2015. *Improving Environmental Impact Assessment and Road Planning*
471 *at the Landscape Scale*. In: R. van der Ree, D. J. Smith, & C. Grilo (Eds.),
472 *Handbook of Road Ecology*. pp. 32–42.

473 Janiszewski, T.; Minias, P. & Wojciechowski, Z. 2014. Selective Forces Responsible for
474 Transition to Nesting on Electricity Poles in the White Stork *Ciconia ciconia*.
475 *Ardea* 103(1):39-50.

476 Jay, S. 2010. Strategic environmental assessment for energy production. *Energy Policy*.
477 38, 3489 – 3497.

478 Jenkins, A.R.; Smallie, J.J. & Diamond, M. 2010. Avian collisions with power lines: a
479 global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird*
480 *Conservation International* 20:263-278.

481 Juntti, M.; Russel, D.; Turnpenney, J. 2009. Evidence, politics and power in public
482 policy for the environment. *Environmental Science and Policy* Vol. 12, pp. 207-
483 215.

484 Kabisch, N.; Quereshi, S.; Haase, D. 2015. Human-environment interactions in urban
485 green spaces – A systematic review of contemporary issues and prospects for future
486 research. *Environmental Impact Assessment Review* 50, 25-34.

487 Karlson, M.; Mortberg, U.; Balfors, B. 2014. Road ecology in environmental impact
488 assessment. *Environ. Impact Assess. Rev.* 48, 10e19.

489 Khera, N., Kumar, A. 2010. Inclusion of biodiversity in environmental impact as-
490 sessment (EIA): a case study of selected EIA reports in India. *Impact Assessment*
491 *and Project Appraisal*, 28: 189-200.

492 King, D. I.; & B. E. Byers. 2002. An evaluation of powerline rights-of-way as habitat
493 for early-successional shrubland birds. *Wildl. Soc. Bull.* 30:868– 874.

- 494 King, D.I.; Chandler, R.B.; Collins, J.M.; Petersen, W.R.; Lautzenheiser, T.E. 2009.
495 Effects of width, edge and habitat on the abundance and nesting success of scrub-
496 shrub birds in powerline corridors. *Biol. Conserv.* 142, 2672–2680.
- 497 Kruger, S.; Simmons, R.E. & Amar, A. 2015. Anthropogenic activities influence the
498 abandonment of Bearded Vultures (*Gypaetus barbatus*) territories in southern
499 Africa. *Condor*, 117, 94–107.
- 500 Lampinen J.; Ruokolainen K.; Huhta A.-P. 2015. Urban power line corridors as novel
501 habitats for grassland and alien plant species in South-Western Finland. *PLoS*
502 *ONE* 10:e0142236.
- 503 Latch EK.; Boarman WI.; Walde A, Fleischer RC. 2011. Fine-Scale Analysis Reveals
504 Cryptic Landscape Genetic Structure in Desert Tortoises. *PLoS ONE* 6: e27794.
- 505 Lehman, R.N. & J.S. Barrett. 2002. Raptor electrocutions and associated fire hazards in
506 the Snake River Birds of Prey National Conservation Area. *Idaho Bureau of Land*
507 *Management, Technical Bulletin* No. 02-7, Boise, ID U.S.A.
- 508 Lehman, R.N.; Kennedy, P.L.; Savidge, J.A. 2007. The state of the art in raptor
509 electrocution research: a global review. *Biol. Conserv.* 136:159–74.
- 510 Loránt, M. & Vadász, Cs. 2014. The effect of aboveground medium voltage power lines
511 on displaying site selection of the Great Bustard *Otis tarda* in Central Hungary. –
512 *Ornis Hungarica* 22(2): 42–49.
- 513 Loss, S. R.; T. Will; & P. P. Marra. 2015. Direct mortality of birds from anthropogenic
514 causes. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 46:99–120.
- 515 Mahmood, M.; Bee OB.; Mohamed, M.T.M.; Subramaniam S. 2013. Effects of
516 electromagnetic field on the nitrogen, protein and chlorophyll content and
517 peroxidase enzyme activity in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) leaves. *Emir J*
518 *Food Agric* 25(6):471–482.
- 519 Mainwaring, M.C. 2015. The use of man-made structures as nesting sites by birds: A
520 review of the costs and benefits. *J. Nat. Conserv.* 25, 17–22.
- 521 Manier, D. J., Aldridge, C. L., & Schell, S. J. 2014. Human infrastructure and invasive
522 plant occurrence across rangelands of southwestern Wyoming, USA. *Rangeland*
523 *Ecology & Management*, 67, 160–172.
- 524 Martínez–Abraín A. 2013. Why do ecologists aim to get positive results? Once again,
525 negative results are necessary for better knowledge accumulation. *Anim Biodivers*
526 *Conserv.* 36:33-6.

527 Milsom, T.P.; Langton, S.D.; Parkin, W.K.; Peel, S.; Bishop J.D.; Hart, J.D. & Moore,
528 N.P. 2000. Habitat models of bird species distribution: an aid to the management of
529 coastal grazing marshes. *Journal of Applied Ecology*, 37, 706–728.

530 Morelli, F.; Beim, M.; Jerzak, L.; Jones, D.; Tryjanowski, P. 2014. Can roads, railways
531 and related structures have positive effects on birds? a review. *Transp. Res. Part D*
532 *Transp. Environ.* 30, 21e31.

533 Morelli, F.E.; Mróz, F.; Pruscini, R.; Santolini, A.; Goławski & P. Tryjanowski. 2016.
534 Habitat structure, breeding stage and sex affect hunting success of breeding Red-
535 backed Shrike (*Lanius collurio*), *Ethology Ecology & Evolution*, 28:2, 136-147.

536 Narayana, B.L.; Rao, V.V.; Reddy, V.V. 2014. Foraging behavior of black drongo
537 (*Dicruus macrocercus*) in Nalgonda District of Andhra Pradesh, India. *The Bioscan*
538 9: 467- 471.

539 Nekola, J.C. 2012. The impact of a utility corridor on terrestrial gastropod biodiversity.
540 *Biodiversity Conservation*, 21, 781–795.

541 Nellemann, C.; Vistnes, I.; Jordhøy, P.; Strand, O.; Newton, A. 2003. Progressive
542 impact of piecemeal infrastructure development on wild reindeer. *Biol. Conserv.*
543 113, 307–317.

544 Orłowski G. 2010. Effect of boundary vegetation and landscape features on diversity
545 and abundance of breeding bird community of abandoned crop fields in south-
546 western Poland. *Bird Study* 57: 175–182.

547 Öster, M. et al. Sara A. O. Cousins, Ove Eriksson. 2007. Size and heterogeneity rather
548 than landscape context determine plant species richness in semi-natural grasslands.
549 *J. Veg. Sci.* 18, 859–868.

550 Patten, M. A.; Wolfe, D. H.; Shochat, E.; and Sherrod, S. K. 2005. Habitat
551 fragmentation, rapid evolution and population persistence. *Evolutionary Ecology*
552 *Research* 7, 235–249.

553 Paquet P.C.; Callaghan C. 1996. *Effects of linear developments on winter movements of*
554 *gray wolves in the Bow River Valley of Banff National Park, Alberta*. See Ref. 33,
555 pp. 51–73.

556 Phipps, W.L., Wolter, K., Michael, M.D., MacTavish, L.M., Yarnell, R.W. 2013. Do
557 power lines and protected areas present a catch-22 situation for cape vultures (*Gyps*
558 *coprotheres*)? *PLoS ONE* 8, e76794.

- 559 Pohlman, C.L., Turton, S.M., Goosem, M. 2009. Temporal variation in microclimatic
560 edge effects near powerlines, highways and streams in Australian tropical
561 rainforest, *Agr. For. Meteor.* 149, 84–95.
- 562 Pope J, Bond A, Morrison-Saunders A, Retief F. 2013. Advancing the theory and
563 practice of impact assessment: Setting the research agenda. *Environmental*
564 *Impact Assessment Review.* 41: 1-9.
- 565 Prieto PV.; Sansevero J.B.B.; Garbin, M.L.; Braga J.M.A.; Rodrigues, P.J.F.P. 2014.
566 Edge effects of linear canopy openings on understorey communities in a lowland
567 Atlantic tropical forest. *Applied Vegetation Science* 17: 121-128.
- 568 Pruett, C.L., Patten, M.A., Wolfe, D.H., 2009a. Avoidance behavior by prairie grouse:
569 implications for development of wind energy. *Conserv. Biol.* 23, 1253–1259.
- 570 Pruett, C.L., Patten, M.A., Wolfe, D.H., 2009b. It is not easy being green: wind energy
571 and a declining grassland bird. *Bioscience* 59, 257–262.
- 572 Raab, R., Spakovszky, P., Julius, E., Schütz, C. and Schulze, C. H. 2011. Effects of
573 power lines on flight behaviour of the WestPannonian Great Bustard *Otis tarda*
574 population. *Bird Conserv. Internatn.* 21: 142–155.
- 575 Raiter, K. G., Possingham, H. P., Prober, S. M. & Hobbs, R. J. 2014. Under the radar:
576 mitigating enigmatic ecological impacts. *Trends Ecol. Evol.* 29, 635–644.
- 577 Reznik G., Pires J. P. A. & Freitas L. 2012. Effect of linear edges in the phenology of
578 animal dispersed tree species in a remnant of Atlantic Forest. *Acta Bot. Bras.* 26,
579 65–73.
- 580 Rieucou, G.; W. L. Vickery; & G. J. Doucet. 2009. A patch use model to separate
581 effects of foraging costs on giving-up densities: an experiment with white-tailed
582 deer (*Odocoileus virginianus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63:891– 897.
- 583 Rodrigues, M., de la Riva, J., Fotheringham, S., 2014. Modeling the spatial variation of
584 the explanatory factors of human-caused wildfires in Spain using geographically
585 weighted logistic regression. *Appl. Geogr.* 48, 52e63.
- 586 Rubolini, D.; Bustin, M.; Bogliani, G. & Garavaglia, R. 2005. Birds and powerlines in
587 Italy: an assessment. *Bird Conservation Internacional* 15:131-145.
- 588 Sánchez, L.E. 2008. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos.* São Paulo,
589 Oficina de Textos, 495p.
- 590 Santiago-Quesada, F., Masero, J.A., Albano, N., Sánchez-Guzmán, J.M. 2014. Roost
591 location and landscape attributes influencing habitat selection of migratory
592 waterbirds in rice fields. *Agric. Ecosyst. Environ.* 188, 97–102.

- 593 Shine, R., E. G. Barrott, and M. J. Elphick. 2002. Some like it hot: effects of forest
594 clearing on nest temperatures of montane reptiles. *Ecology* 83:2808–2815.
- 595 Skarin A, Nellemann C, Rönnegård L, Sandström P, Lundqvist H. 2015. Wind farm
596 construction impacts reindeer migration and movement corridors. *Landsc Ecol*
597 30:1527–1540.
- 598 Silva, J.P., Santos, M., Queirós, L., Leitão, D., Moreira, F., Pinto, M., Leqoc, M. &
599 Cabral, J.A. 2010. Estimating the influence of overhead transmission power lines
600 and landscape context on the density of little bustard *Tetrax* breeding populations.
601 *Ecological Modelling*, 221, 1954-1963
- 602 Sloomweg, R. & Kolhoff A. 2003. A generic approach to integrate biodiversity
603 considerations in screening and scoping for EIA. *Environ. Impact Assess. Rev.*,
604 v.23, p.657:681.
- 605 Sloomweg, R. 2005. Biodiversity assessment framework: Making biodiversity part of
606 corporate responsibility. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23(1): 37-46.
- 607 Smallidge, P. J., D. J. Leopold, and C. M. Allen. 1996. Community characteristics and
608 vegetation management of Karner blue butterfly (*Lycaeides melissa samuelis*)
609 habitats on rights-of-way in east-central New York, USA. *Journal of Applied*
610 *Ecology* 33:1405–1419.
- 611 Smith, M.B., Aborn, D.A., Gaudin, T.J. & Tucker, J.C. 2008. Mammalian predator
612 distribution around a transmission line. *Southeast. Nat.* 7(2): 289–300.
- 613 Söderman, T. 2005. Treatment of biodiversity issues in Finnish environmental impact
614 assessment. *Impact Assess Proj Apprais*, 22 (2), pp. 87–99.
- 615 Söderman T. 2006. Treatment of biodiversity issues in impact assessment of electricity
616 power transmission lines: A Finnish case review. *Environmental Impact*
617 *Assessment Review*, v.26, p.319:338.
- 618 Soja G.; Kunsch B.; Gerzabek M.; Relchenauer T.; Soja AM.; Rippar G.; Bolhar-
619 Nordenkampf HR. 2003. Growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)
620 and corn (*Zea mays* L.) near a high voltage transmission line. *Bioelectromagnetics*
621 24:91– 102.
- 622 Straumann, U. 2011. Mechanism of the tonal emission from ac high-voltage overhead
623 transmission lines, *J. Phys. D Appl. Phys.* 44 075501.
- 624 Tere, A. & Parasharya, B. M. 2011. Flamingo mortality due to collision with high
625 tension electric wires in Gujarat, India. *J. Threatened Taxa* 3: 2192– 2201.

626 Tintó A, Real J, Mañosa S. 2010. Predicting and correcting the electrocution of birds in
627 mediterranean areas. *J Wildl Manage* 74: 1852–1862.

628 Tomás, G., Barba, E., Merino, S. & Martínez, J. 2012. Clutch size and egg volume in
629 great tits (*Parus major*) increase under low intensity electromagnetic fields: a long-
630 term field study. *Environ. Res.* 118: 40–46.

631 Thompson, S.; Treweek, J.R.; Thurling, D.J. 1997. The Ecological Component of
632 Environmental Impact Assessment: A Critical Review of British Environmental
633 Statements. *Journal of Environmental Planning and Management*, v. 40,p.157: 17.

634 Tryjanowski, P., Sparks, T.H., Jerzak, L., Rosin, Z.M., Skórka, P., 2014. A paradox for
635 conservation: electricity pylons may benefit avian diversity in intensive farmland.
636 *Conserv. Lett.* 7, 34–40.

637 Walker, B. L., D. E. Naugle, and K. E. Doherty. 2007. Greater sage-grouse population
638 response to energy development and habitat loss. *Journal of Wildlife*
639 *Management* 71:2644–2654.

640 Walters, K., Kosciuch K., and Jones, J.. 2014. Can the effect of tall structures on birds
641 be isolated from other aspects of development: *Wildlife Society Bulletin*, vol. 38, p.
642 250–256.

643 Willyard CJ, Tikalsky SM. 2004. Research Gaps Regarding the Ecological Effects of
644 Fragmentation Related to Transmission-Line Rights-of-W ay. *Environment*
645 *Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium Pages* 521-
646 527.

647 Wilson, R.F. et al. 2007. Importance of canopy connectivity for home range and
648 movements of the rainforest arboreal ringtail possum (*Hemibelideus lemuroides*).
649 *Wildl. Res.* 34, 177–184

650 With K.A., Gardner R.H., Turner M.G. 1997. Landscape connectivity and population
651 distributions in heterogeneous environments. *Oikos* 78:151–69
652

Material Suplementar

Tabela S1. Enquadramento de efeitos e impactos de linhas de transmissão de energia dos artigos obtidos na revisão bibliográfica.

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|---------------|--|----------------------------|---|
| BARREIRA | aumento da predação / evitamento da área | Rieucan et al. (2007) | 10.1139/Z07-062 |
| BARREIRA | mudança de comportamento/ evitamento da área | Pruett et al. (2009) | 10.1111/j.1523-1739.2009.01254.x |
| BARREIRA | mudança de comportamento | Barrios & Rodríguez (2004) | 10.1111/j.1365-2664.2004.00876.x |
| BARREIRA | aumento da predação / evitamento da área | Walters et al. (2014) | 10.1002/wsb.394 |
| BARREIRA | mudança de comportamento | Kumpula et al. (2007) | Annales Zoologici Fennici 44(3):161-178 |
| BARREIRA | alterações na migração | Reimers et al. (2007) | 10.1016/j.biocon.2006.08.034 |
| BARREIRA | mudança de comportamento / evitamento da área / alterações na migração | Vistnes et al. (2004) | 10.2193/0022-541X(2004)068[0101:EOIOMA]2.0.CO;2 |
| BARREIRA | evitamento da área | Flydal et al. (2009) | 10.1155/2009/340953 |
| BARREIRA | mudança de comportamento / alterações na migração | Raab et al. (2011) | 10.1017/S0959270910000432 |
| BARREIRA | evitamento da área | Larsen & Madsen (2000) | 10.1023/A:1008127702944 |
| BARREIRA | menor fluxo gênico | Latch et al. (2011) | 10.1371/journal.pone.0027794 |
| BARREIRA | isolamento populacional | Wilson et al. (2007) | 10.1071/WR06114 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|---------------|--|--------------------------------|---|
| BARREIRA | mudança de comportamento | Colman et al. (2012) | 10.2981/11-116 |
| BARREIRA | mudança de comportamento / evitamento da área | Pruett et al. (2009) | 10.1525/bio.2009.59.3.10 |
| BARREIRA | abandono da área | Panzacchi et al. (2013) | 10.1007/s10980-012-9793-5 |
| BARREIRA | menor sucesso reprodutivo | Pitman et al. (2005) | 10.2193/0022-541X(2005)069[1259:LASOLP]2.0.CO;2 |
| BARREIRA | mudança de comportamento/ alterações na migração | Eftestøl et al. (2014) | 10.1007/s10344-013-0779-7 |
| BARREIRA | mudança de comportamento | Deng & Frederick (2001) | Waterbirds 24(3):419-424. |
| BARREIRA | evitamento da área | Santiago-Quesada et al. (2014) | 10.1016/j.agee.2014.02.019 |
| BARREIRA | diminuição populacional | Messmer et al. (2013) | Human-Wildlife Interactions 7(2):273-298 |
| BARREIRA | evitamento da área | Gillan et al. (2013) | 10.1002/wsb.272 |
| BARREIRA | evitamento da área | Eftestøl et al. (2015) | 10.1007/s00300-015-1825-6 |
| BARREIRA | evitamento da área | Lane et al. (2001) | Journal of Applied Ecology 38: 193–203 |
| BARREIRA | evitamento da área | Colman et al. (2015) | 10.1007/s10344-015-0965-x |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Revista |
|--------------------------------------|---|----------------------------|---|
| BARREIRA | evitamento da área | Hovick et al. (2014) | 10.1111/1365-2664.12331 |
| BARREIRA | mudança de comportamento | Vistnes & Nellemann (2002) | 10.2307/3803040 |
| BARREIRA | mudança de comportamento /alterações na migração | Nixon et al. (2012) | Transactions of the Illinois State Academy of Science 105:129-143 |
| BARREIRA | abandono da área | Vistnes et al. (2001) | 10.1007/s003000100253 |
| BARREIRA | evitamento da área | Nellemann et al. (2001) | 10.1016/S0006-3207(01)00082-9 |
| BARREIRA / CORREDOR | uso do corredor para deslocamento / isolamento populacional | Storm & Choate (2012) | 10.1894/0038-4909-57.4.385 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | evitamento da área | Silva et al. (2010) | 10.1016/j.ecolmodel.2010.03.027 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | evitamento da área | Skarin et al. (2015) | 10.1007/s10980-015-0210-8 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | isolamento populacional /alterações na migração | Asari et al. (2010) | 10.1071/AM08017 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | isolamento populacional | Cecala et al. (2014) | 10.1111/fwb.12439 |
| BARREIRA | mudança de comportamento / morte por colisão | Savereno et al. (1996) | Wildlife Society Bulletin 24(4):636-648 |
| BARREIRA / NOVOS HABITATS / CORREDOR | evitamento da área / uso do corredor para deslocamento / aumento predação | Bartzke et al. (2014) | 10.5897/IJBC2014.0716 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|------------------------------|---|-------------------------|---|
| BARREIRA / PERDA DE HABITAT | mudança do comportamento / menor sucesso reprodutivo / evitamento da área | Lorant & Vadasz (2014) | 10.2478/orhu-2014-0017 |
| BARREIRA / PERDA DE HABITAT | diminuição populacional - colisão | Krüger et al. (2015) | 10.1650/CONDOR-14-121.1 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | evitamento da área | Nellemann et al. (2003) | 10.1016/S0006-3207(03)00048-X |
| BARREIRA / CORREDOR | evitamento da área/ uso dos corredores para deslocamento | Rieucan et al. (2009) | 10.1007/s00265-009-0732-7 |
| BARREIRA / CORREDOR | mudança de comportamento / evitamento da área | Bartzke et al (2015) | 10.1890/ES14-00278.1 |
| BARREIRA/ LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Burnside et al. (2015) | Sandgrouse 37: 161-168 |
| BARREIRA / FRAGMENTAÇÃO | diminuição populacional - colisão | Patten et al. (2005) | Evolutionary Ecology Research 7: 235–249 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Henderson et al. (1996) | 10.1016/0006-3207(95)00144-1 |
| BARREIRA | morte por colisão | Erickson et al. (2005) | U S Forest Service General Technical Report PSW |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Janss & Ferrer (2000) | Wildlife Society Bulletin 28(3):675-680 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Mañosa & Real (2001) | Wildlife Society Bulletin 35 (3):247-252 |
| BARREIRA | morte por colisão | Jenkins et al. (2010) | 10.1017/S0959270910000122 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|---------------|-----------------------------------|---|---|
| BARREIRA | morte por colisão | Rioux, Sebastien; Savard, Jean-Pierre L.; Gerick, Alyssa A. | 10.5751/ACE-00614-080207 |
| BARREIRA | morte por colisão | Bevanger & Brøseth (2001) | 10.1016/S0006-3207(00)00217-2 |
| BARREIRA | morte por colisão | Barrett & Weseloh (2008) | 10.1016/b978-044453223-7.50052-6 |
| BARREIRA | morte por colisão | Drewitt & Langston (2008) | 10.1196/annals.1439.015 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Schaub & Pradel (2004) | 10.1890/03-0012 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Bevanger & Brøseth (2004) | Animal Biodiversity and Conservation 27(2):67-77 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Richkus et al. (2005) | 10.2193/0022- 541X(2005)069[0574:SACMOF]2.0.CO;2 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Beck et al. (2006) | 10.2193/0091- 7648(2006)34[1070:MASOJG]2.0.CO;2 |
| BARREIRA | morte por colisão | Quinn et al. (2011) | 10.3808/jei.201100194 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Martín et al. (2007) | 10.1111/j.2007.0908-8857.03811.x |
| BARREIRA | morte por colisão | Barrientos et al. (2011) | 10.1111/j.1523-1739.2011.01699.x. |
| BARREIRA | morte por colisão | Heiss (2015) | 10.1017/S095927091500009X |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|---------------|--|-------------------------------|---|
| BARREIRA | morte por colisão / mudança de comportamento | De La Zerda & Rosselli (2002) | SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL CONCERNS IN RIGHTS-OF-WAY-MANAGEMENT p.395-402 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Frost (2008) | Conservation Evidence 5, 83-91 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Wright et al. (2009) | Prairie Naturalist 41:116–12 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Shaw et al. (2010) | 10.1111/j.1474-919X.2010.01039.x |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Rollan et al. (2010) | 10.1017/S0959270910000250 |
| BARREIRA | morte por colisão | Antal (2010) | 10.2989/00306525.2010.517921 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Anika & Parasharya (2010) | Journal of Threatened Taxa 3(11): 2192–2201 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Stumpf et al. (2011) | Marine Ornithology 39(1):123-128 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Mackinnon & Kennedy (2011) | Canadian Field-Naturalist 125(1): 41–46 |
| BARREIRA | morte por colisão | Janss & Ferrer (1998) | Journal of Field Ornithology 69(1):8-17 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Li et al. (2011) | 10.5122/cbirds.2011.0028 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---|
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Wisdom et al. (2011) | 10.1525/california/9780520267114.003.0019 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Raab, R et al. (2012) | 10.1017/S0959270911000463 |
| BARREIRA | diminuição populacional - colisão | Silva et al. (2014) | 10.1016/j.biocon.2013.12.026 |
| BARREIRA | morte por colisão | Barrientos et al. (2012) | 10.1371/journal.pone.0032569 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Bevanger (1998) | 10.1016/S0006-3207(97)00176-6 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Janss (2000) | 10.1016/S0006-3207(00)00021-5 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Stumberger & Veleviski (2002) | Acrocephalus 23(112):67-74 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Xirouchakis (2004) | VI World Conference on Birds of Prey and Owls, Budapest, Hungary, 18-23 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Manville (2005) | U S Forest Service General Technical Report PSW |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Rubolini et al. (2005) | 10.1017/S0959270905000109 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Garrido & Fernández-Cruz (2003) | Journal of Arboriculture 50(2): 191-200 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Haas et al. (2005) | Council of Europe Nature and Environment Series |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|--|
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Sundar & Choudhury (2005) | 10.1017/S0376892905002341 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Martínez et al (2006) | 10.1017/S0959270906000402 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | González et al. (2007) | 10.1017/S0030605307414119 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Margalida et al. (2008) | 10.1017/S0959270908000026 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Margalida et al. (2008b) | 10.1017/S0959270908000026 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Shaw et al. (2010) | 10.2989/00306525.2010.488421 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Shobrak (2012) | 10.1080/09397140.2012.10648962 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Calvert et al. (2013) | 10.5751/ACE-00581-080211 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Fanke et al. (2011) | 10.7589/0090-3558-47.3.627 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Galarza & Garcia (2012) | Munibe Ciencias Naturales (60):191-200 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Martínez-Abraín et al. (2013) | 10.1111/j.1469-1795.2012.00599.x |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Loss et al. (2014) | 10.1371/journal.pone.0101565 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|-------------------------------|---|---------------------------|---|
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Tobolka (2014) | 10.3161/104.062.0403 |
| BARREIRA / LINHA COMO RECURSO | morte por colisão e eletrocussão | Martínez et al. (2016) | 10.1007/s10344-015-0981-x |
| LINHA COMO RECURSO | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Tryjanowski et al. (2014) | 10.1111/conl.12022 |
| LINHA COMO RECURSO | ampliação na área de vida / maior sucesso reprodutivo | Infante & Peris (2003) | 10.1016/S0925-8574(03)00013-2 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento populacional | Morelli et al. (2014) | 10.1016/j.trd.2014.05.006 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Dwyer (2006) | 10.3356/0892-1016(2006)40[193:ESIIAH]2.0.CO;2 |
| LINHA COMO RECURSO | ampliação na área de vida / maior sucesso reprodutivo | Arkumarev et al. (2014) | 10.2989/00306525.2014.971450 |
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | Dwyer et al. (2007) | 10.3356/0892-1016(2007)41[259:PREIAU]2.0.CO;2 |
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | Lehman et al. (2007) | 10.1016/j.biocon.2006.09.015 |
| LINHA COMO RECURSO | ampliação na área de vida / maior sucesso reprodutivo | Morelli et al. (2015) | 10.1080/03949370.2015.1022907 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento da predação / evitamento da área | Coates et al. (2014) | 10.1650/CONDOR-13-126.1 |
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | Tintó et al. (2010) | 10.2193/2009-521 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|--------------------|--|----------------------------|----------------------------------|
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | PÉrez-García et al. (2011) | 10.1017/S0959270911000062 |
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | Guil et al. (2011) | 10.1371/journal.pone.0028212 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento da predação | Degregorio et al. (2014) | 10.1002/ece3.1049 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Kaluga et al. (2011) | 10.1111/j.1755-263X.2011.00203.x |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | López-López et al. (2011) | 10.1371/journal.pone.0017196 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Boschoff et al. (2011) | 10.1017/S095927091100013X |
| LINHA COMO RECURSO | aumento populacional | Howe et a. (2014) | 10.1650/CONDOR-13-115-R2.1 |
| LINHA COMO RECURSO | maior sucesso reprodutivo | Janiszewski et al. (2015) | 10.5253/arde.v103i1.a4 |
| LINHA COMO RECURSO | ampliação na área de vida / diminuição populacional - eletrocussão | Phipps et al. (2013) | 10.1371/journal.pone.0076794 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Angelov et al. (2013) | 10.1017/S0959270912000123 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento populacional / ampliação na área de vida | Dixon et al. (2013) | 10.3356/JRR-12-00020.1 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|--------------------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| LINHA COMO RECURSO | ampliação na área de vida e e/ou locais de reprodução | Mainwaring (2015) | 10.1016/j.jnc.2015.02.007 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento populacional / ampliação na área de vida | Vaitkuviene & Dagys (2015) | 10.3906/zoo-1402-44 |
| LINHA COMO RECURSO | morte por eletrocussão | Dwyer et al. (2014) | 10.1111/cobi.12145 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento do habitat / maior sucesso reprodutivo | Cunningham et al. (2016) | 10.1111/ddi.12381 |
| LINHA COMO RECURSO | aumento do habitat / maior sucesso reprodutivo | Narayana et al. (2014) | Bioscan 9(2): 467-471 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional/ extinção populacional / morte por eletrocussão | Hernández-Matías et al. (2015) | 10.1016/j.biocon.2015.06.028 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Guil et al. (2015) | 10.1016/j.gecco.2015.01.005 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Chevallier et al. (2015) | 10.1111/1365-2664.12476 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Pérez-García et al. (2016) | 10.1016/j.ecolind.2015.07.020 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Coates et al. (2014) | 10.1016/j.jaridenv.2014.08.004 |
| LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional - eletrocussão | Chevallier et al. (2013) | 10.1111/j.1469-1795.2012.00584.x |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|----------------|---|------------------------|--|
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica | Yahner et al. (2001) | Journal of Arboriculture 27(4):215-221 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Bramble et al. (1997) | Journal of Arboriculture 23(5) 196:206 |
| NOVOS HABITATS | ampliação na área de vida / maior sucesso reprodutivo | King & Byers (2002) | Wildlife Society Bulletin 30(3): 868-874 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Yahner et al. (2001) | Journal of Arboriculture 27(1): 24-28 |
| NOVOS HABITATS | mudança de comportamento | Neumann et al. (2013) | 10.1016/j.landurbplan.2013.02.002 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Yahner et al. (2002) | Journal of Arboriculture 28(3):123-130 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica | Yahner et al. (2003) | Journal of Arboriculture 29(3):156-164 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Russell et al. (2005) | 10.1016/j.biocon.2005.01.022 |
| NOVOS HABITATS | diminuição populacional | Bramble et al. (1999) | Journal of Arboriculture 25(6):302-310 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Confer et al. (2008) | Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Fortin & Doucet (2008) | Environment Concerns in Rights-of-Way Management 8th International Symposium 429-437 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|----------------|---|----------------------------|---|
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica - invasão de exóticas | Kurek et al. (2015) | 10.1016/j.actao.2014.11.005 |
| NOVOS HABITATS | aumento do habitat | Morelli et al. (2014) | 10.3161/104.062.0214 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica - invasão de exóticas | Manier et al (2014) | 10.2111/REM-D-12-00056.1 |
| NOVOS HABITATS | menor sucesso reprodutivo | Marshall & Vandruff (2002) | 10.1007/s00267-002-2641-7 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Sheridan et al. (1999) | Sixth International Symposium on Environmental Concerns in Rights of way p.451-460 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Davis et al. (2002) | Castanea 67(1):1-12 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Forrester et al. (2005) | 10.1111/j.1526-100X.2005.00061.x |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica | Yahner & Yahner (2007) | Arboriculture & Urban Forestry 33(6):433–434 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica | Clarke & White (2008) | 10.1016/j.landurbplan.2008.04.009 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Clarke & White (2008b) | International Symposium on Environmental Concerns in Rights-of-Way Management (8th : 2004 : Saratoga Springs, N.Y.) p.467-477 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|----------------|---|----------------------------|----------------------------------|
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Berg et al. (2013) | 10.1111/icad.12019 |
| NOVOS HABITATS | ampliação na área de vida e/ou locais de reprodução | Shine et al. (2002) | 10.2307/3072017 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica - invasão de exóticas | Searcy et al. (2006) | 10.3119/04-16.1 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Wagner et al. (2014) | 10.1603/AN14001 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Marshall & VanDruff (2008) | 10.1016/B978-044453223-7.50038-1 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica | Bazelet & Samways (2011) | 10.1007/s10980-010-9557-z |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Hollmen et al. (2008) | 10.1007/s10841-007-9076-7 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Lensu et al. (2011) | 10.1016/j.jenvman.2011.05.019 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Buffum et al. (2011) | 10.1016/j.foreco.2011.07.024 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica - invasão de exóticas | Bradley (2010) | 10.1111/j.1600-0587.2009.05684.x |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica / estabelecimento de novas espécies / invasão de exóticas | Stiles & Jones (1998) | 10.1023/A:1008073813734 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|-------------------------------------|---|---------------------------|--|
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica / estabelecimento de novas espécies | Nekola (2012) | 10.1007/s10531-011-0216-8 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies | Komonen et al. (2013) | 10.1111/icad.12009 |
| NOVOS HABITATS | estabelecimento de novas espécies / mudança na composição biótica | Wagner et al. (2014) | 10.1016/j.foreco.2014.04.026 |
| NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica / estabelecimento de novas espécies / invasão de exóticas | Lampinen et al. (2015) | 10.1371/journal.pone.0142236 |
| NOVOS HABITATS | aumento do habitat | Smallidge et al. (1996) | 10.2307/2404780 |
| NOVOS HABITATS | maior sucesso reprodutivo | Meehan & Hass (1997) | Virginia Journal of Science 48(4): 259-264 |
| NOVOS HABITATS | alteração fluxo gênico | Collins & Foré (2009) | 10.3159/09-RA-030.1 |
| NOVOS HABITATS | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Berg et al. (2011) | 10.1016/j.biocon.2011.07.035 |
| NOVOS HABITATS / LINHA COMO RECURSO | aumento da predação / evitamento da área | Dinkins et al. (2014) | 10.1650/CONDOR-13-163.1 |
| NOVOS HABITATS / LINHA COMO RECURSO | diminuição populacional / morte por eletrocussão / abandono de território | Dinkins et al. (2014b) | 10.1139/cjz-2013-0263 |
| FRAGMENTAÇÃO | mudança na composição biótica | Powell & Lindquist (2011) | 10.1656/058.010.0103 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|----------------------------------|---|-------------------------------|--|
| FRAGMENTAÇÃO | mudança na composição biótica | Rosselli & De La Zerda (2002) | SEVENTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENVIRONMENTAL CONCERNS IN RIGHTS-OF-WAY-MANAGEMENT p.363-372 10.1071/WR96063 |
| FRAGMENTAÇÃO | mudança na composição biótica | Goosem & Marsh (1997) | 10.1371/journal.pone.0137021 |
| FRAGMENTAÇÃO | evitamento da área | Hovick et al. (2015) | 10.1016/B978-044453223-7.50062-9 |
| FRAGMENTAÇÃO | estabelecimento de novas espécies / redução na área de vida / isolamento populacional | Willyard & Tikalsky (2008) | 10.1111/j.1654-1103.2007.tb02602.x |
| FRAGMENTAÇÃO | aumento na riqueza e/ou diversidade e ou composição | Öster et al. (2007) | 10.1046/j.1523-1739.1994.08041109.x |
| FRAGMENTAÇÃO | mudança na composição biótica | Rich et al. (1999) | 10.1016/j.jag.2015.01.015 |
| FRAGMENTAÇÃO / RISCO DE INCÊNDIO | invasão de exóticas / risco de incêndio | Cho et al. (2015) | 10.1111/avsc.12043 |
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica | Prieto et al. (2014) | 10.1111/1365-2664.12460 |
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica | Eldegard et al. (2015) | 10.1590/S0102-33062012000100008 |
| EFEITO DE BORDA | alterações em processos biológicos / menor sucesso reprodutivo vegetal | Reznik et al. (2012) | |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|----------------------------------|--|---------------------------|--|
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica | Goldingay & Whelan (1997) | 10.1071/WR96116 |
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica | Evans & Gates (1997) | Wilson Bulletin 109(3):470-480 |
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica - alterações microclimáticas | Pohlman et al. (2007) | 10.1111/j.1744-7429.2006.00238.x |
| EFEITO DE BORDA | mudança na composição biótica - alterações microclimáticas | Pohlman et al. (2009) | 10.1016/j.agrformet.2008.07.003 |
| EFEITO DE BORDA | menor sucesso reprodutivo | Deng & Gao (2003) | 10.1648/0273-8570-74.1.37 |
| EFEITO DE BORDA / NOVOS HABITATS | aumento do habitat / maior sucesso reprodutivo | King et al. (2009) | 10.1016/j.biocon.2009.06.016 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | mudança na composição biótica | Prokopenko (2015) | 10.1515/vzoo-2015-0009 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alteração de processos biológicos | Tomás et al. (2012) | 10.1016/j.envres.2012.07.007 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alteração bioquímica vegetal | Mahmood et al. (2013) | 10.9755/ejfa.v25i6.15583 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | mudança de comportamento | Burda et al. (2009) | 10.1073/pnas.0811194106 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alteração bioquímica vegetal | Aksoy et al. (2010) | International Journal of Environmental Research 4(4):595-606 |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|------------------------------|---|---------------------------|--|
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alterações de processos biológicos | Soja et al. (2003) | 10.1002/bem.10069 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alterações de processos biológicos | Dell'Omo et al. (2009) | 10.1016/j.cbpc.2009.06.002. |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alterações de processos biológicos | Costantini et al. (2007) | 10.1016/j.envres.2007.02.006 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alteração bioquímica vegetal | Demir (2010) | African Journal of Biotechnology 9(39): 6486-6491 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alteração de processos biológicos | Doherty (1998) | 10.1674/0003- 0031(1998)140[0122:RSOCNB]2.0.CO;2 |
| CAMPO ELETROMAGNÉTICO | alterações de processos biológicos | Fernie & Reynolds (2005) | 10.1080/10937400590909022 |
| CORREDOR / NOVOS HABITATS | mudança na composição biótica - invasão de exóticas | Dubé et al. (2011) | 10.1139/B10-089 |
| CORREDOR | uso do corredor para deslocamento | Smith et al. (2008) | 10.1656/1528- 7092(2008)7[289:MPDAAT]2.0.CO;2 |
| CORREDOR | uso do corredor para deslocamento | Paquet & Callaghan (1996) | Trends in Addressing Transportation Related Wildlife Mortality, Proceedings of the Transportation Related Wildlife Mortality Seminar. 33: 51-73 |
| PERDA DE HABITAT | diminuição populacional | Milsom et al. (2000) | 10.1046/j.1365-2664.2000.00529.x |

| Efeito | Impacto estudado | Autor | DOI/Resvista |
|--------------------------------|---|----------------------------|------------------------------|
| PERDA DE HABITAT / BARREIRA | diminuição na área de vida | Dunkin et al. (2009) | 10.2193/2008-212 |
| PERDA DE HABITAT | diminuição populacional / aumento da predação / abandono de território | Walker et al. (2007) | 10.2193/2006-529 |
| PERDA DE HABITAT | menor sucesso reprodutivo | Gołowski & Meissner (2008) | 10.1007/s11284-007-0383-y |
| PERDA DE HABITAT | menor sucesso reprodutivo / evitamento da área | Orłowski (2010) | 10.1080/00063650903449946 |
| RISCO DE INCÊNDIO | mudança na composição biótica | Rodrigues et al. (2014) | 10.1016/j.apgeog.2014.01.011 |
| EFEITO SONORO | mudança de comportamento | Flydal et al. (2003) | 10.7557/2.23.1.310 |

Tabela S2. Estudos de Impactos Ambiental utilizados para análise dos efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de energia. Acesso em fevereiro de 2016.

| Empreendimento | Ano | Link do EIA |
|---|------------|---|
| Sistema de Transmissão Xingu Rio | 2016 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/Sistema%20de%20Transmiss%C3%A3o%20Xingu%20Rio/ |
| Linha de Transmissão 500 kV Gilbués II – Ourolândia II | 2015 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/500%20KV%20GILBUES%20II%20-%20OUROLANDIA%20II/ |
| Linha de Transmissão CC ±800 kV Xingu / Estreito e Instalações Associadas | 2015 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-Xingu-Estreito/ |
| Linha de Transmissão/LT 500 kV Estreito_Fernão Dias | 2015 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20500%20kV%20Estreito_Fern%C3%A3o%20Dias/EIA%20-RIMA%20&%20Mapas%201/ |
| Linha de Transmissão 138 kV Santo Cristo- Vacaria | 2015 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20138kV%20Santo%20Cristo%20-%20Vacaria/EIA%20-%20RIMA%20-%20LT%20Santo%20Cristo-Vacaria/ |
| Linha de Transmissão Araraquara 2-Itatiba, Araraquara 2–Fernão Dias, Itatiba | 2014 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LTs%20Itatiba-Bateias%20Araraquara%20II-Itatiba%20e%20Araraquara%20II-Fern%C3%A3o%20Dias%20e%20Subesta%C3%A7%C3%B5es/ |
| Linha de Transmissão 500 KV - SELuzitânia - SE Brasília Leste, c1 E c1 | 2014 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20500kV%20-%20Luzi%C3%A2nia%20-%20Bras%C3%ADlia%20-%20Leste/EIA_RIMA/ |
| Linha de Transmissao Manaus - Boa Vista | 2014 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20Manaus%20-%20Boa%20Vista/ |
| Linha de Transmissao 525 Kv Nova Santa Rita - Ita - Salto Santiago | 2012 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20Nova%20Santa%20Rita%20-%20Ita%20-%20Salto%20Santiago/ |
| Linha de Transmissao/LT Coletora Porto Velho Araraquara 2/EIA NORTE - 600 kv 2010 | 2010 | http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT%20Coletora%20Porto%20Velho%20%20Araraquara%202/ |

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora se reconheça a importância e a necessidade da expansão do setor energético, a instalação de linhas para a transmissão de energia é causadora de efeitos significativos no ambiente. Este estudo é uma importante contribuição para a compreensão das consequências ecológicas geradas pelas LTs, servindo como apoio na tomada de decisões de futuros projetos de linhas de alta tensão e planos de expansão da rede de transmissão de energia.

De forma geral, a síntese dos estudos mostrou que o número de artigos sobre os efeitos ambientais causados por linhas de transmissão de energia vem crescendo nas duas últimas décadas e que essa avaliação está fortemente concentrada no hemisfério norte. As interações das linhas com a biodiversidade têm sido investigadas em uma grande amplitude de organismos, porém, claramente com ênfase em aves. Em virtude disso, os efeitos mais estudados foram sobre efeito barreira (devido às colisões das aves com os cabos) e linha como recurso (devido às eletrocussões). Entretanto, é importante ressaltar que o número de trabalhos que avaliou cada efeito não é uma medida da sua intensidade ou relevância. É notável a ausência de estudos relacionados a grupos funcionais de menor mobilidade e sobre efeitos como a perda de habitat.

O reconhecimento *a priori* do espectro de potenciais impactos junto ao modelo conceitual apresentado, além de ser importante para a compreensão das cadeias causais pelas quais as ações de cada empreendimento conduzem efeitos, é um subsídio para a qualificação do processo de Análise de Impacto Ambiental, pois, acreditamos que a ausência de uma compilação e descrição dos potenciais impactos descritos na literatura científica contribui para a tradição de deficiências reconhecidas no licenciamento ambiental.

27 Embora a importância da fase de escopo seja reconhecida há mais de 30 anos
28 (Beanlands & Duinker 1983), um dos maiores obstáculos para a mitigação dos impactos
29 está na falta da antecipação dos mesmos na fase de planejamento das estruturas. Ao
30 reconhecer os potenciais impactos prioritários é possível incorporá-los na decisão da
31 rota dos empreendimentos através da devida espacialização de cada um.

32 Apesar da abordagem espacial ser um desafio, Karlson & Mörtberg (2015)
33 mostraram que essa ferramenta pode ser útil nas avaliações ambientais de rodovias pelo
34 reconhecimento de áreas sensíveis à fragmentação e degradação do habitat e Pérez-
35 García (2014) pela identificação em grande escala de áreas prioritárias para proteção de
36 aves frente à eletrocussão em linhas de energia. Dentro do que propõe a hierarquia de
37 mitigação (CEQ 2000), esse exercício possibilitaria o evitamento dos impactos
38 (primeira medida que deveria ser tomada no planejamento de qualquer
39 empreendimento), seguido da minimização, restauração e compensação nas outras
40 etapas do licenciamento. Nós recomendamos fortemente que iniciativas de
41 espacialização dos impactos sejam desenvolvidas para a incorporação dos mesmos no
42 planejamento das futuras linhas de transmissão de energia como a forma mais efetiva de
43 evitamento de impactos.

44

REFERÊNCIAS

45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79

Araneo, R.; Martirano, L.; Celozzi, S.; Vergine, C. 2014. Low-environmental impact routing of overhead power lines for the connection of renewable energy plants to the Italian. In: 14th Int. *Conf. Environ. And Electr. Eng.*, p. 386:391.

Bartzke, G. S., May, R., Bevanger, K., Stokke, S. & Røskraft, E. 2014. The effects of power lines on ungulates and implications for power line routing and rights-of way management. *Academic Journals*, 6 (9): 647-662.

Beanlands, G. E., & Duinker, P. N. 1983. An ecological framework for environmental impact assessment in Canada. Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, and Federal Environmental Assessment Review Office, Hull, Quebec, 132 pp.

Benítez-López, A., Alkemade, R. & Verweij, P. A. 2010. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. *Biol. Conserv.* 143, 320 1307–1316.

Belo Monte Transmissora de Energia (BMTE). 2015. *Relatório de Impacto Ambiental Linha de Transmissão 800 kV Xingu/Estreito*. Disponível em: [http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-Xingu Estreito](http://licenciamento.ibama.gov.br/Linha%20de%20Transmissao/LT-800-kV-Xingu-Estreito). Acesso em: 07 de fevereiro de 2017.

Cardoso Junior, R.A.F. 2014. *Licenciamento Ambiental de sistemas de transmissão de energia elétrica no Brasil: Estudo de caso do sistema de transmissão do Madeira*. Tese de Doutorado – UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 178p.

Cardoso Junior, R. F., A., Magrini, A., da Hora, A.F. 2014. Environmental licensing process of power transmission in Brazil update analysis: Case study of the Madeira transmission system. *Energy Policy*, 67, p. 281-289.

CEQ (Council on Environmental Quality). 2000. Protection of the environment (under the National Environment Policy Act). Washington, DC: Council on Environmental Quality. Report No 40 CFR 1500-1517.

European Network of Transmission System Operators for Electricity. 2012. Excel attachment “YS & AR 2012 Table 1 operational data 2012” of: Yearly Statistic & Adequacy Retrospect 2012. Report from ENTSOE, Brussels, Belgium. 62 p.

Pérez-Garcís, J.M. *Modelos predictivos aplicados a la corrección y gestión del impacto de la electrocución de aves en tendidos eléctricos*. Tese de Doutorado. Universidade Miguel Hernández, Elche. 176 pp.

80 IEO. International Energy Outlook. 2016. *World energy demand and economic outlook*.
81 Disponível em: <https://www.eia.gov/outlooks/ieo/world.cfm>. Acesso em: 7 de
82 fevereiro de 2017.

83 Karlson M & Mörtberg U. 2015. A spatial ecological assessment of fragmentation and
84 disturbance effects of the Swedish road network. *Landsc Urban Plan* 134:53–65.

85 NRG Expert Energy Intelligence. 2013. Electricity T&D White Paper. Disponível em:
86 <http://www.nrgexpert.com/energy-news/>. Acesso em: 7 de fevereiro de 2017.

87 Pope J, Bond A, Morrison-Saunders A, Retief F. 2013. Advancing the theory and
88 practice of impact assessment: Setting the research agenda. *Environmental*
89 *Impact Assessment Review*. 41: 1-9.

90 Raiter, K. G., Possingham, H. P., Prober, S. M. & Hobbs, R. J. 2014. Under the radar:
91 mitigating enigmatic ecological impacts. *Trends Ecol. Evol.* 29, 635–644.

92 Rioux S, Savard JPL, Gerick AA. 2013. Avian mortalities due to transmission line
93 collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on
94 applications to the Canadian electric network. *Avian Conserv Ecol* 8: 7.

95 Sánchez, L.E. 2008. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo,
96 Oficina de Textos, 495p.

97 Sootweg, R., Kolhoff, A. 2003. A generic approach to integrate biodiversity
98 considerations in screening and scoping for EIA. *Environ. Impact Assess.* 23, 657–
99 681.

100 Söderman T. 2006. Treatment of biodiversity issues in impact assessment of electricity
101 power transmission lines: A Finnish case review. *Environmental Impact*
102 *Assessment Review*, v.26, p.319:338.

103 U.S. EIA. U.S. Energy Information Administration. 2016. *U.S. electric system is made*
104 *up of interconnections and balancing authorities*. Disponível em:
105 <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27152>. Acesso em: 7 de fevereiro
106 de 2017.

107 WWF. 2016. Living Planet Report 2016. *Risk and resilience in a new era*. WWF
108 International, Gland, Switzerland, 144p.

109