



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
BAHIA *Campus Vitória da Conquista*

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA
BAHIA – IFBA, *CAMPUS* DE VITÓRIA DA CONQUISTA
DIREÇÃO DE ENSINO - DEN
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL - CEAMB**

CLÁUDIO ANTÔNIO ROCHA SANTOS

**RUÍDOS EM PARQUES EÓLICOS: UMA ANÁLISE DE METODOLOGIA DE
IMPACTOS AMBIENTAIS CUMULATIVOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO**

Vitória da Conquista – BA

Fevereiro/2024

CLÁUDIO ANTÔNIO ROCHA SANTOS

**RUÍDOS EM PARQUES EÓLICOS: UMA ANÁLISE DE METODOLOGIA DE
IMPACTOS AMBIENTAIS CUMULATIVOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Prof^a. Dra. Lídia Raiza Sousa Lima Chaves Trindade

Vitória da Conquista – BA

Fevereiro/2024

S237r Santos, Cláudio Antônio Rocha

Ruídos em parque eólico: uma análise de metodologia de impactos ambientais cumulativos e estratégias de gestão. / Cláudio Antônio Rocha Santos. -Vitória da Conquista : IFBA, 2024.

49 f.: il.: color.

Orientadora: Lídia Raiza Sousa Lima Chaves Trindade

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista, 2024.

1. Biodiversidade. 2. Mitigação de Impactos. 3. Energia renovável I. Trindade, Lídia Raiza Sousa Lima Chaves. II. Título.

CDD: 574.5

Catálogo na fonte: Sônia Iraína Roque Andrade – CRB 5/1203
IFBA – Campus Vitória da Conquista – BA


CLÁUDIO ANTÔNIO ROCHA SANTOS

RUÍDOS EM PARQUES EÓLICOS: UMA ANÁLISE DE METODOLOGIA DE IMPACTOS AMBIENTAIS CUMULATIVOS E ESTRATÉGIAS DE GESTÃO


A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em vinte e oito de fevereiro de 2024, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

Data da Aprovação: 28 de fevereiro de 2024


BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 LIDIA RAIZA SOUSA LIMA CHAVES TRINDADE
Data: 28/02/2024 22:26:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dr^ª Lídia Raiza Sousa Lima Chaves Trindade
Orientadora – IFBA Campus Vitória da Conquista

Documento assinado digitalmente
 ORLEANE SOUZA DE BRITO
Data: 04/03/2024 10:47:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orleane Souza de Brito
IFBA Campus Ilhéus

Documento assinado digitalmente
 CAMILA DANIELE WILLERS
Data: 04/03/2024 11:39:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Camila Daniele Willers
IFBA Campus Vitória da Conquista

Vitória da Conquista, 28 de fevereiro de 2024

*À Nice, France e Bia.
Chico e Neguinho também.
Gi, Lizi, Deco, Alcéster, Landí, Renas, Rique e demais amigos: obrigado por me
suportar nessa fase.*

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que contribuíram para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Em primeiro lugar, quero expressar meu sincero agradecimento a Deus, cuja orientação, graça e provisão estiveram presentes em cada etapa deste processo. Sua sabedoria e misericórdia foram fontes de inspiração e fortalecimento, guiando-me nos momentos de dúvida e desafio.

Também desejo agradecer à minha orientadora Lídia Raiza, pela orientação, apoio e orientação crítica ao longo deste processo. Sua expertise, paciência e incentivo foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, Camila e Orleanne, por dedicarem seu tempo e conhecimento para avaliar este trabalho e fornecer valiosas sugestões e comentários.

Minha gratidão se estende aos meus colegas de curso, colegas de trabalho, amigos e familiares que me apoiaram e encorajaram durante toda essa jornada. Os conselhos, discussões e palavras de estímulo foram essenciais para manter minha motivação e determinação.

A todos vocês, meu sincero obrigado. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e colaboração de cada um de vocês.

Atenciosamente,

Cláudio

RESUMO

O nordeste brasileiro possui um vasto potencial eólico, e nos últimos anos, essa atividade tem experimentado um crescimento significativo. Especificamente na Bahia, a região tem se destacado como um polo de operação, com um grande número de aerogeradores instalados em seu território. Embora a energia eólica seja considerada uma fonte renovável, sua implantação e operação podem acarretar impactos relevantes, tanto na biodiversidade ao redor dos projetos quanto no bem-estar das comunidades vizinhas. Esses impactos podem ser decorrentes de um único projeto ou de vários, com efeitos sinérgicos ou interativos que potencializam ou criam novas consequências. Nesse aspecto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência do método de avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos de ruídos em um parque eólico, além de descrever os potenciais impactos cumulativos de ruídos sobre o meio biótico e propor possíveis melhorias. Para alcançar esses objetivos, foi realizada uma revisão do relatório utilizado como base, comparando-o com a literatura existente. No entanto, não foi possível especificar ou utilizar dados georreferenciados devido a questões de sigilo contratual. Após apresentação dos resultados deste estudo base, foram descritos impactos sobre a comunidade e sobre o meio biótico que não foram abordados nele. Além disso, a falta de termos de referência, diretrizes e definições claras também representou uma dificuldade. Conclui-se que as recomendações e melhorias propostas podem contribuir para as análises realizadas pelos órgãos ambientais e para o avanço da comunidade acadêmica, ao fornecer métricas e estudos que sirvam de referência para a Avaliação de Impacto Cumulativo (AIC).

PALAVRAS-CHAVE: Biodiversidade; Energia Renovável; Impactos Sonoros; Metodologia de Avaliação; Mitigação de Impactos.

ABSTRACT

The Brazilian Northeast has vast wind potential, and in recent years, this activity has experienced significant growth. Specifically in Bahia, the region has stood out as a hub of operation, with a large number of wind turbines installed in its territory. Although wind energy is considered a renewable source, its deployment and operation can entail significant impacts, both on the biodiversity around the projects and on the well-being of neighboring communities. These impacts may arise from a single project or from several, with synergistic or interactive effects that potentiate or create new consequences. In this regard, this research aimed to evaluate the efficiency of the assessment method for cumulative and synergistic noise impacts in a wind farm, as well as to describe the potential cumulative noise impacts on the biotic environment and propose possible improvements. To achieve these objectives, a review of the report used as a basis was conducted, comparing it with existing literature. However, it was not possible to specify or use georeferenced data due to contractual confidentiality issues. After presenting the results of this baseline study, impacts on the community and on the biotic environment that were not addressed in it were described. Additionally, the lack of reference terms, guidelines, and clear definitions also posed a difficulty. It is concluded that the recommendations and proposed improvements can contribute to the analyses conducted by environmental agencies and to the advancement of the academic community by providing metrics and studies that serve as a reference for Cumulative Impact Assessment (CIA).

KEYWORDS: Biodiversity; Renewable Energy; Noise Impacts; Evaluation Methodology; Impact Mitigation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ruído total de um aerogerador provocado por seus componentes.....	24
Figura 2: Representação de impactos aditivos potencializados.....	31
Figura 3: Representação de impactos sinérgicos gerando um novo impacto.	31
Figura 4: Demonstrativo da proximidade do aerogerador/acesso de acordo com os entrevistados.	35
Figura 5: Demonstrativo dos participantes do reassentamento definitivo.....	36
Figura 6: Demonstrativo sobre a poluição sonora durante a implantação e operação do empreendimento, de acordo com os entrevistados.	37
Figura 7: Impacto potencializado pela sinergia de diferentes projetos ao longo do tempo.....	40
Figura 8: Impacto do ruído sobre as comunidades de aves.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites estabelecidos conforme unidade padrão de medida no local onde se aplica a legislação.	21
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Histórico do instrumento de Avaliação de Impactos Ambientais ao redor do mundo.	16
Quadro 2: Designação e descrição dos sons presentes na avaliação de ruídos.	19
Quadro 3: Tipos de áreas habitadas e seus limites estabelecidos para o período diurno e noturno.	20
Quadro 4: Objetivos e subetapas da Definição do escopo.	28
Quadro 5: Objetivos e subetapas da Descrição do ambiente afetado.	29
Quadro 6: Objetivos e subetapas da Descrição das consequências ambientais.	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo geral.....	13
2.2 Objetivos específicos	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Conceituação de Impacto Ambiental	14
3.2 Histórico da Avaliação de Impactos Ambientais no Brasil e no mundo	15
3.3 Normatizações e Certificações sobre ruídos	18
3.4 Impacto de ruídos do aerogerador.....	24
3.4.1 Ruído Mecânico	24
3.4.2 Ruído Aerodinâmico	25
3.5 A Avaliação de Impactos Cumulativos.....	26
4 METODOLOGIA	32
4.1 Coleta de dados e tratamento	32
4.2 Características da pesquisa.....	32
4.4 Avaliação da metodologia.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1 Estudo apresentado pelo empreendimento.....	34
5.2 Avaliação dos Impactos cumulativos.....	38
5.2.1 Impacto sobre a comunidade.....	38
□ Patologias geradas pela exposição ao ruído constante.....	38
5.2.2 Impacto sobre a fauna	40
6. PONTOS DE MELHORIA.....	43
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	45
REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Os parques eólicos se tornaram uma das principais fontes de energia renovável no mundo. Em um país com dimensões continentais e abundância de recursos naturais como o Brasil, tal fonte de energia foi rapidamente disseminada. Com mais de 1.500 GW de potencial em eólicas *onshore* e *offshore* e ocupando o sexto lugar no *Ranking* Global de Capacidade Instalada *onshore*, a indústria eólica brasileira tem o papel crucial de ajudar a enfrentar a emergência climática (ABEEólica, 2023).

A implementação de projetos de energias renováveis em áreas rurais, especialmente em áreas que carecem de desenvolvimento econômico, pode trazer diversos benefícios para a comunidade. Considerando as características socioeconômicas presentes dessas regiões, como alta taxa de desemprego, escassez de oportunidades econômicas e migração significativa da população economicamente ativa, o investimento nessas tecnologias torna-se uma estratégia vantajosa.

As usinas de geração de energias renováveis são frequentemente menores e mais dispersas que usinas tradicionais, e por esse motivo encontram-se muitas vezes situadas em áreas rurais de baixa densidade demográfica. Devido a essa característica, a construção dessas usinas demanda maior quantidade de mão de obra, e gera potencial para a capacitação e emprego de populações rurais em diversas localidades (Nguyen, 2007). O aumento na oferta de energia renovável traz benefícios significativos ao considerar toda a cadeia que depende desse recurso, além de aumentar a competitividade ao influenciar os preços. Isso abre oportunidades para que pequenas e médias empresas acessem o mercado livre de energia, anteriormente dominado por distribuidoras.

Porém, há o ônus dos impactos gerados por este avanço significativo. Além dos ruídos comuns aos empreendimentos durante a fase de implantação devido às obras, na fase de operação, a população de comunidades vizinhas passou a reportar problemas como perturbações no sono, zumbido, pressão no ouvido, problemas em concentração, dentre outros. Muitas vezes esses problemas não são refletidos nos resultados de estudos e monitoramentos nestes parques. Segundo Hubbard e Shepherd (1990), o ruído gerado pelos aerogeradores que é percebido numa dada localização baseia-se nos seguintes elementos principais: fontes de ruído, percurso de propagação e receptores. As fontes de ruído podem ser de origem mecânica ou aerodinâmica.

A multiplicidade das ações humanas distribuídas no tempo e espaço e a acumulação de impactos são o fulcro do impacto cumulativo e sinérgico. São resultado da adição ou da

combinação de impactos decorrentes de uma ou de diversas ações humanas. Mesmo impactos que comumente seriam qualificados como pouco relevantes, quando concentrados espacialmente, podem gerar uma degradação ambiental catastrófica. Quando se trata de avaliação de impacto ambiental (AIA) e avaliação de impacto ambiental cumulativo (AIC) temos duas vertentes distintas que partem de um pressuposto comum: formulação de hipóteses. Identificar impactos prováveis e formular hipóteses sobre as modificações ambientais, analogias com situações similares e conclusões dadas por equipes multidisciplinares são essenciais para este tipo de estudo, considerando um raciocínio dedutivo e indutivo, métodos utilizados para a identificação prévia dos impactos (Sánchez, 2020).

A avaliação de impactos cumulativos é um instrumento novo no cenário de aplicação da avaliação de impactos brasileira. Tal metodologia ainda não está regulamentada e não consta um termo de referência que auxilie as empresas na formação de um plano e/ou programa, bem como não padroniza as análises a serem realizadas pelos órgãos ambientais, independente da esfera.

Com o aumento na quantidade de empreendimentos voltados para a exploração de recursos naturais, é essencial que pensemos nos impactos de forma holística e generalista. É necessário considerar os impactos do projeto ou do conjunto de projetos em análise juntamente com os impactos de outros empreendimentos em operação ou construção, e os impactos acumulados de ações passadas (as ações podem ter cessado, mas os impactos perduram), e os impactos de projetos que poderão ser desenvolvidos no futuro (Sánchez, 2020).

A escolha do componente ruído para especificação do estudo se deu pela afinidade e expertise adquirida em anos de graduação e práticas no ambiente de trabalho, potencializados pela realização de monitoramentos de ruídos em parques eólicos, passando também pelas etapas de tratamento dos dados e elaboração de relatórios.

Portanto, o presente estudo visa preencher lacunas na especificidade do instrumento de avaliação, utilizando uma metodologia embasada em um programa de avaliação de impactos cumulativos aceito pelo órgão ambiental da Bahia. Até então, não foram estabelecidas diretrizes para a apresentação desses estudos, o que permite a este trabalho descrever, analisar e propor melhorias.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar o uso do método de avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos de Ruídos em um parque eólico.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a distribuição geográfica do empreendimento e sua área de influência quanto aos impactos na comunidade;
- Descrever os potenciais impactos cumulativos de ruídos sobre o meio biótico dentro da área de influência do empreendimento;
- Descrever possíveis melhorias no método empregado.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Para uma melhor compreensão e avaliação dos resultados expostos, faz-se necessária a apresentação dos conceitos relacionados a Impacto Ambiental e Impactos Cumulativos e Sinérgicos, bem como acerca do componente ambiental avaliado no estudo: ruído.

3.1 Conceituação de Impacto Ambiental

O conceito de impacto ambiental é apresentado de diferentes formas na literatura técnica, sendo concordantes em seus elementos básicos apesar de elaborados de diferentes maneiras, como:

- Qualquer alteração no meio ambiente em um ou mais de seus componentes – provocada por uma ação humana (Moreira, 1992, p. 113);
- O efeito sobre o ecossistema de uma ação induzida pelo homem (Westman, 1985, p. 5);
- A mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa minada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada (Wathern, 1988, p. 7).

Há também a definição e impacto ambiental dada pela norma ISO 14.001:2015 (segunda atualização da primeira norma ISO 14.001 de 1996), sendo ela “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”.

A implantação de um projeto trará alterações, sejam elas negativas ou positivas que serão consideradas em um Estudo Ambiental, por mais que o motivo principal sejam os impactos negativos (Sánchez, 2020). As atitudes das empresas de buscarem soluções para os problemas relacionados aos seus impactos no meio ambiente dificilmente são espontâneas. Existem três conjuntos de forças que influenciam diretamente as preocupações e o comportamento das empresas em relação às questões ambientais: o governo, a sociedade e o mercado (Barbieri, 2016, p.83). É preciso ir além de atender à legislação ambiental, pois ao fazer parte das soluções e não somente dos problemas relacionados às causas ambientais, é estabelecida uma melhor relação com os consumidores, fornecedores e investidores.

Como Magrini (1990, p. 86) elenca, há algumas classificações de impacto ambiental para melhor explicitar a dinâmica espaço-temporal, sendo essas classificações como: impacto ambiental direto e indireto; impacto ambiental de longo e curto prazo; e impactos ambientais cumulativos e sinérgicos.

Os impactos causados por um determinado empreendimento jamais ficam restritos à sua própria área de implantação, sendo, portanto, sentidos em sua vizinhança (Milaré, 2015). Segundo Moreira (1985, 34 p.), a magnitude e importância constituem os pontos principais dos impactos ambientais, uma vez que informam sobre a significação dos mesmos. Entende-se magnitude como a grandeza de um impacto em termos absolutos, podendo ser definida como a medida de alteração de um atributo ambiental, seja em termos quantitativos ou qualitativos. Já a importância, é a ponderação do grau de significância de um impacto em relação ao fator ambiental afetado e a outros impactos (Spadotto, 2002, p. 2). Em síntese, para realização da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) é necessário definir o escopo dos estudos para que nenhum aspecto importante deixe de ser considerado; definir a metodologia a ser adotada; e coletar e tratar informações técnicas, científicas, econômicas e sociais, bem como explicitar os conflitos de interesses entre os agentes envolvidos, de modo a mensurar minuciosamente questões o impacto total de um projeto ou os recursos naturais e humanos necessários (Barbieri, 1995).

3.2 Histórico da Avaliação de Impactos Ambientais no Brasil e no mundo

Com o aumento da emissão de poluentes e empreendimentos de caráter exploratório, os grupos ambientalistas passaram a gerar uma pressão ao redor do mundo (Higuchi, 2019), fazendo com que em 1970 o Congresso americano aprovasse o NEPA (National Environmental Policy Act), definindo que qualquer projeto do governo que impactasse significativamente o equilíbrio ambiental deveria passar por uma Avaliação de Impactos Ambientais (ROHDE, 1992). Foi criado também o Conselho de Qualidade Ambiental (CEQ, Council on Environmental Quality) estipulando pontos centrais a serem examinados pelos estudos de impacto ambiental.

Pouco mais tarde os países em desenvolvimento começaram a acatar a AIA como instrumento vinculado aos seus projetos com o intuito de atender a requisitos legais (Moreira, 1989). Com sua aceitação e importância, a partir dos anos de 1970 e 1980 a Avaliação de Impactos Ambientais passou a ser uma ferramenta importante na legislação ambiental destes países. O Quadro 1 apresenta a evolução do processo de avaliação de impacto ambiental em alguns locais do mundo.

Quadro 1: Histórico do instrumento de Avaliação de Impactos Ambientais ao redor do mundo.

Legislação	Histórico
Canadá	Foi institucionalizado o processo de avaliação e exame ambiental em 20/12/1973, modificado em 15/02/1977; Decreto sobre as diretrizes do processo de avaliação e exame ambiental, de 22/06/1984; Lei Canadense de Avaliação Ambiental, sancionada em 23 de Junho de 1992 (Sánchez, 2008).
França	Foi criada a Lei 629 de Proteção da Natureza, 10/07/1976; Lei 663 sobre as Instalações Registradas para a Proteção do Ambiente, 19/07/1976; Decreto 1.133, de 21/07/1977, sobre instalações registradas; Decreto 1.141, de 12/10/1977, para aplicação da Lei de Proteção da Natureza; Lei 630, de 12/07/1983, sobre a democratização das consultas públicas de acordo com (Sánchez, 2008).
União Europeia	Foi instituída em 1985 a Diretiva 85/337/EEC, de 27/06/1985, sobre a avaliação dos efeitos ambientais de certos projetos públicos e privados; Modificada pela Diretiva 97/11/EC, em 03/03/1997 (Sánchez, 2008).
Rússia	Em 1985 vigora a Instrução do Soviete Supremo para a realização de “peritagem ecológica de Estado”; Decisão do Comitê Estatal de Construção de 1989 estabelecendo a apresentação de uma “avaliação documentada de impacto ambiental”; Lei de Proteção Ambiental da República Russa de 1991; Regulamento de 1994 do Ministério do Meio Ambiente, sobre AIA (Sánchez, 2008).
Holanda	Decretos sobre AIA, de 01/07/1987, modificado em 01/07/1994 (SÁNCHEZ, 2008).
República Tcheca	Em 1992 foi criada a Lei n°244, de 15/04/1992, sobre AIA; Decreto 499, de 01/10/1992, sobre competência profissional para avaliação de impactos sobre meios e procedimentos pra discussão pública da opinião dos peritos (Sánchez, 2008).
Hungria	Em 1993 foi criado o decreto n° 86, que regulamenta provisoriamente a avaliação dos impactos ambientais de certas atividades, Lei Ambiental de 03/1995, incluindo um capítulo sobre AIA (Sánchez, 2008).
China	A proteção ambiental apenas começou a exercer presença durante agenda política em 1990, quando seis leis e regulamentos ambientais foram revisados e/ou aprovados. Uma das mudanças mais significativas na política foi a revisão do Código de Paineis da República Popular da China, em 1997 (Dicyt, 2011).

Fonte: Elaborado pelo autor com base em (Sánchez, 2008).

Considerando o histórico, o Brasil liderou a elaboração das primeiras normas ambientais nos países do Mercosul nas décadas de 60 e 70 do último século, considerando aspectos específicos como flora e fauna, poluição atmosférica e recursos hídricos, sendo posteriormente seguido pelos demais países da América do Sul (Viana, 2004). O processo de licenciamento ambiental adotado pelo Brasil, Paraguai e Uruguai possui grande semelhança. Entretanto, a Argentina não dispõe de uma legislação completa de abrangência nacional (Rocha; Canto; Pereira, 2005). Se tratando da avaliação de impactos ambientais no Brasil, o dispositivo legal inicial foi a Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 – Política Nacional de Meio Ambiente, no qual em seu artigo 2º dispõe:

A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

A Política Nacional de Meio Ambiente visa à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente, à definição de áreas prioritárias de ação governamental relativa à qualidade e ao equilíbrio ecológico; à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental. Elenca também, que os órgãos ou entidades municipais sejam responsáveis pelo controle e fiscalização das atividades que geram impacto ambiental, em suas respectivas jurisdições.

Dando seguimento a instauração de definições, diretrizes e critérios básicos acerca da Avaliação de Impacto Ambiental, em 23 de janeiro de 1986 foi publicada a Resolução CONAMA nº 1, onde considera impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas. Tal resolução expõe de forma detalhada as atividades ou empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. Com a alteração da Constituição Federal Brasileira em 1988, o artigo 225 estabelece que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (CONSTITUIÇÃO DE 1988, art. 225).

Em 1992 foi realizada na cidade do Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Cnumad), ou “Rio 92”, onde foram abordadas questões ambientais na esfera pública, ocasionando na publicação de documentos acerca das preocupações dos povos do planeta com relação ao meio ambiente (Hogan, 2007). Já em 2012, o “Novo Código Florestal” estabeleceu normas gerais sobre a proteção da vegetação nativa, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP), de reserva legal e de uso restrito.

Considerando sua abundância de recursos e proporções continentais, o Brasil possui uma legislação atualizada e avançada, com meios constitucionais e processuais de acesso à Justiça (Souza, 2004); porém, necessita de maior fiscalização e rigorosidade em sua aplicação e cumprimento, assegurando efetividade na proteção ambiental.

3.3 Normatizações e Certificações sobre ruídos

Segundo Hanza e Damarco (2012, p.5), uma normatização define requisitos que permitem aferir a qualidade de produtos e serviços, tornando-se um importante instrumento de proteção ao consumidor. Assim, as certificações independentes conferem uma maior confiabilidade às empresas perante seus compradores, clientes, fornecedores e demais partes interessadas, já que um órgão certificador audita as práticas da empresa com base em seus requisitos, confirmando o cumprimento de exigências regulamentares ou contratuais (ABNT, 2015c, p.5).

A principal normatização para realização do Monitoramento de Ruídos no Brasil é a NBR 10151:2019 – Acústica – Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas, norma esta que estabelece os procedimentos técnicos a serem adotados na execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos e externos às edificações, bem como procedimentos e limites para avaliação dos resultados em função da finalidade de uso e ocupação do solo. Alguns conceitos devem ser apresentados para uma melhor compreensão acerca das medições e seus limites, como a simbologia $L_{Aeq,T}$, sendo descrita como o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A e integrado em um intervalo de tempo T, e a designação e descrição dos sons conforme a ABNT NBR 16313:2014 – Acústica – Terminologia, que tem como propósito harmonizar termos e definições a serem adotados em normas brasileiras de acústica, e sintetizados no Quadro 2.

Quadro 2: Designação e descrição dos sons presentes na avaliação de ruídos.

Designação	Descrição
Som total	Som existente em uma dada situação e em um dado instante, resultante da contribuição de todas as fontes sonoras.
Som específico	Parcela do som total que pode ser identificada e que está associada a uma determinada fonte.
Som residual	Som remanescente do som total em uma dada posição e em uma dada situação, quando é suprimido o som específico em consideração.
Som intrusivo	Interferência sonora alheia ao objeto de medição.
Som impulsivo	Som caracterizado por impulsos de pressão sonora de duração inferior a 1s.
Som intermitente	Som que ocorre apenas em certos intervalos de tempo, regulares ou não, em que a duração de cada um é superior a 1s.
Som contínuo	Som presente durante todo o período de observação e que não é um som intermitente nem um som impulsivo.
Som tonal	Som caracterizado por uma única componente de frequência ou por componentes de banda estreita que se destacam em relação às demais componentes.

Fonte: ABNT NBR 16313 (2014).

A avaliação sonora é realizada pela comparação dos níveis de pressão sonora (NPS) medidos ou calculados caracterizados previamente, conforme o tipo de área habitada e os períodos/horários. Estes limites de horários para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, é especificado na norma que o período noturno não deve começar depois das 22h e não deve terminar antes das 7h do dia seguinte. Caso o dia seguinte for um domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9h.

Para som contínuo ou intermitente, a avaliação é realizada por meio da determinação do $L_{Aeq,T}$ do som proveniente da fonte sonora objeto da avaliação, chamado de nível de pressão sonora específico. A medição do nível de pressão sonora total deve ser realizada considerando os sons de todas as fontes sonoras contribuintes, sejam elas específicas ou residuais. Caso haja sons intrusivos, os NPS decorrentes de sua contribuição devem ser excluídos. É importante

salientar que a medição do NPS de um som residual deve ser realizada assegurando que não ocorram contribuições de fontes sonoras específicas do objeto de avaliação. O nível de pressão sonora do som específico referente às fontes sonoras contribuintes pode ser medido diretamente, quando este for predominante sobre as fontes sonoras residuais ou, calculado indiretamente, subtraindo-se do som total a influência do som residual.

A avaliação sonora ambiental, em ambientes externos às edificações, para fins de estudo ou fiscalização de poluição sonora de empreendimentos, instalações e eventos em áreas habitadas, independentemente da existência de reclamações, deve ser realizada de acordo com as características da fonte sonora objeto da avaliação. São considerados aceitáveis os NPS do som específico que não ultrapassem os limites estabelecidos, aplicadas as devidas correções para som tonal e som impulsivo. No Quadro 3, estão definidos os limites estabelecidos pela legislação durante o período diurno e noturno com distinção por áreas.

Quadro 3: Tipos de áreas habitadas e seus limites estabelecidos para o período diurno e noturno.

Tipos de áreas habitadas	RLAeq Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	Período diurno	Período noturno
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT NBR 10151 (2019).

Possibilitando uma comparação e análise da disparidade entre a legislação e limites estabelecidos ao redor do mundo, é apresentada a Tabela 1, com informações acerca do local de referência, a unidade de medida utilizada para descrever os níveis de ruído no país ou estado, e as métricas dos limites permitidos em áreas rurais ou áreas residenciais.

Tabela 1: Limites estabelecidos conforme unidade padrão de medida no local onde se aplica a legislação.

Local de referência	Unidade de medida do Ruído	Área Rural	Área Residencial
Bélgica - Flanders	L_{Aeq} [dB(A)]*	Dia: 48 Noite: 43	Dia: 44 Noite: 39
Bélgica - Wallonia	L_{Aeq} [dB(A)]	45	
Canada	Não há legislação nacional para Ruídos de Parques Eólicos		
Canada - Alberta	L_{Aeq} [dB(A)]	40	
Canada - Ontario	L_{Aeq} [dB(A)]	40 - 4 m/s 51 - 10 m/s 45 - 8 m/s	45 - 4 m/s 51 - 10 m/s 45 - 8 m/s
Dinamarca	L_{Aeq} [dB(A)]	42 - 6 m/s 44 - 8 m/s	37 - 6 m/s 39 - 8 m/s
Finlândia	L_{Aeq} [dB(A)]	Dia - 45 Noite - 40	
França	L_{Aeq} [dB(A)]	Dia: 5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo Noite: 3 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo	
Alemanha	L_{Aeq} [dB(A)]	Dia: 60 Noite: 45	Dia: 50 Noite: 35
Holanda	L_{Aeq} [dB]	Dia: 47 Noite: 41	
Nova Zelândia	$L_{A90(10min)}$ [dB(A)]	35 ou 5 pontos acima do nível referência do ruído de fundo $L_{A90(10 min)}$	40 ou 5 pontos acima do nível referência do ruído de fundo $L_{A90(10 min)}$
Noruega	L_{Aeq} [dB(A)]	45	

Local de referência	Unidade de medida do Ruído	Área Rural	Área Residencial
Austrália	$L_{aeq,10}$ [dB(A)]	35 ou 5 pontos acima do nível referência do ruído de fundo $L_{A90}(10 \text{ min})$	40 ou 5 pontos acima do nível referência do ruído de fundo $L_{A90}(10 \text{ min})$
Suécia	$L_{Aeq,8m/s}$ [dB(A)]	35	40
Reino Unido	$L_{A90}(10 \text{ min})$ [dB(A)]	Dia: 5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo, tendo seu limite em 40 dB(A) Noite: 3 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo, tendo seu limite em 43 dB(A)	
Estados Unidos da América	NEPA: L_{dn} [dB(A)]	55	
Colorado	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Colorado - Arapahoe	L_{Aeq} [dB(A)]	-	Dia: <55 Noite: <50
Geórgia	L_{Aeq} [dB(A)]	55	
Indiana	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Indiana - Tipton	$L_{aeq,10}$ [dB(A)]	45	
Michigan	L_{Aeq} [dB(A)]	55 ou 5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo	
Michigan - Huron	L_{Aeq} [dB(A)]	45 ou 5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo	
Minnesota	L_{Aeq} [dB(A)]	50	
Minnesota - Lincoln	L_{Aeq} [dB(A)]	50	
Nevada	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		

Local de referência	Unidade de medida do Ruído	Área Rural	Área Residencial
Nevada - Lyon	L_{Aeq} [dB(A)]	55	
Novo México	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Novo México - San Miguel	L_{A10} [dB(A)]	Menor que o nível de referência do ruído de fundo	
Nova York	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Nova York - Jefferson	L_{A10} [dB(A)]	50 ou 5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo	
Carolina do Norte	L_{Aeq} [dB(A)]	55	
Oregon	L_{A50}	Dia: 55 Noite: 50	
Pensilvânia	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Pensilvânia - Potter	L_{Aeq} [dB(A)]	5 dB(A) acima do nível de referência do ruído de fundo	
Wyoming	Não há legislação estadual para Ruídos de Parques Eólicos		
Wyoming - Laramie	L_{Aeq} [dB(A)]	50	

Fonte: E. Koppen et al. (2015).

*Nota 1: L_{Aeq} [dB(A)]: Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A e integrado em um intervalo de tempo T .

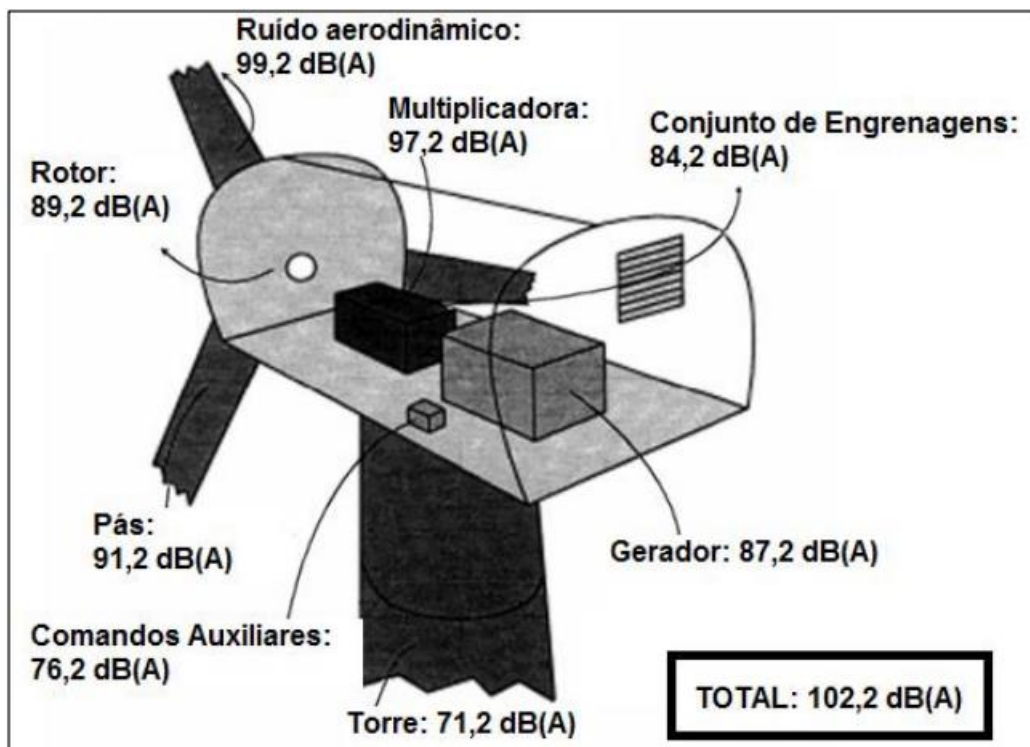
Nota-se que dependendo da métrica de ruído utilizada, este intervalo nos limites estabelecidos dos NPS podem ser uma diferença de até 20 decibéis, uma diferença significativa e que pode refletir nas reclamações por parte da comunidade após a operação do parque. A densidade demográfica é um fator considerado pelos órgãos quando em momento de definição dos limites estabelecidos, visto que locais mais populosos são mais impactados por variações dos níveis de pressão sonora e são mais propensos a gerar reclamações.

3.4 Impacto de ruídos do aerogerador

Assim como demais dispositivos industriais que utilizam engrenagens, os aerogeradores também produzem ruídos durante sua operação. O ruído produzido pelos aerogeradores pode ser dividido em duas categorias: ruído mecânico, que é gerado pela interação dos diferentes componentes mecânicos do aerogerador, e o ruído aerodinâmico, produzido pelo fluxo de ar sobre as pás do aerogerador (Garcia, 2010).

No geral, o ruído causado pelo aerogerador é avaliado como um ruído ambiente, ou seja, ocorre pela equalização de todas as fontes que emitem ruído pelo equipamento e no seu entorno (Gomes, 2017). A Figura 1 exemplifica os componentes responsáveis pelo ruído gerado por um aerogerador.

Figura 1: Ruído total de um aerogerador provocado por seus componentes.



Fonte: Gomes, 2017.

3.4.1 Ruído Mecânico

Os ruídos mecânicos são originados a partir do movimento relativo de componentes mecânicos e a resposta dinâmica entre eles. Como componentes mecânicos tem-se: caixa multiplicadora; gerador; mecanismo de orientação; ventoinhas de arrefecimento e equipamento auxiliar (Rogers; Manwell; Wright; 2006). O som pode ser transmitido diretamente da superfície dos componentes do aerogerador para o ar ou transmitido ao longo de outros

componentes estruturais antes de ser difundido para o ar (Simões, 2015). Em geral os ruídos mecânicos apresentam características muito distintas, são assimétricos e possuem direção de propagação definida, o que torna mais fácil a identificação do defeito, desta maneira pode-se afirmar que dois componentes mecânicos de diferentes funções emitem sons (ruídos) diferentes (Maia, 2012).

Para mitigar a emissão de ruídos mecânicos produzidos, otimizações foram realizadas nos sistemas de arrefecimento, como substituir a água por óleos sintéticos. Aerogeradores de menor porte não possuem sistemas tão efetivos e mesmo esta alteração pode não ser tão efetiva (Gomes, 2017).

Uma vez que o ruído está associado à rotação do equipamento mecânico e elétrico, este tende a ser tonal, apesar de possuir componentes de banda larga. Além disso, o cubo, o rotor e a torre podem atuar como altifalantes, transmitindo o som mecânico e difundindo-o.

3.4.2 Ruído Aerodinâmico

O ruído aerodinâmico se relaciona diretamente ao fluxo de ar em torno das pás, resultando em forças aplicadas sobre as mesmas. O som aerodinâmico geralmente aumenta com a velocidade do rotor (Simões, 2015). Modelos semi-empíricos são testados, buscando o máximo de aproveitamento aerodinâmico com redução de ruído, com base na sustentação das pás e a turbulência gerada pelo ar (Gomes, 2017). Tal fato pode ser verificado, pela diversidade de modelos de pás nos variados fabricantes de aerogeradores (Hessler, 2008).

Segundo Wagner et al. (1996), o som aerodinâmico pode ser dividido em 3 grupos:

1. Ruído de baixa frequência (*Low Frequency Sound*): som gerado quando os encontros das pás rotatórias localizam deficiências de fluxo em volta de uma torre ou quando ocorrem mudanças da velocidade do vento.

2. Ruído da turbulência do fluxo (*Inflow Turbulence Sound*): som que depende da quantidade de turbulência atmosférica. O ruído da turbulência do fluxo resulta da interação das pás com a turbulência atmosférica. O ruído emitido é de banda larga.

3. Ruído próprio da pá (*Airfoil Self Noise*): som gerado pelo fluxo de ar diretamente ao longo da superfície da pá.

Já o ruído próprio da pá pode dividir-se nos seguintes tipos de ruído:

- a) Ruído de bordo de fuga (*Trailing edge noise*): ruído de bordo de fuga resulta da interação da turbulência existente na camada limite com o bordo de fuga da pá. O ruído emitido é de banda larga, que é a principal fonte de ruído de larga frequência podendo apresentar valores compreendidos entre os 770Hz e os 2000Hz (Brooks et al., 1989);

b) Ruído do vórtice da extremidade da pá (*Tip vortex formation noise*): este tipo de ruído ocorre quando se formam vórtices na extremidade da pá, que se propagam e interagem com o bordo de fuga da pá, causando ruído de banda larga (Brooks et al., 1989);

c) Ruído de separação (perda de sustentação) (*Stall, separation noise*): este tipo de ruído resulta da separação do fluxo aerodinâmico que ocorre quando a pá opera com grandes ângulos de ataque. Ao aumentar o ângulo de ataque da pá, o fluido que escoar pela parte superior é intensamente acelerado, intensificando os gradientes de pressão em torno da pá, o que aumenta a força de sustentação. O ruído emitido é de banda larga (Brooks et al., 1989);

d) Ruído da camada limite laminar (*Laminar boundary layer noise*): ondas de instabilidade na camada limite laminar podem originar bolhas de separação que, por sua vez, formam vórtices que se propagam ao longo da pá e que interagem com o bordo de fuga, causando ruído com componentes tonais (Brooks et al., 1989).

e) Ruído de bordo de fuga embotado (*Blunt trailing edge noise*): este tipo de ruído depende da forma e espessura do bordo de fuga da pá. Se a espessura do bordo de fuga for maior que a espessura da camada limite no bordo de fuga, esta fonte será dominante no ruído geral. Para reduzir os níveis de ruído, as pás devem ter arestas de saída suaves.

O ruído aerodinâmico é atualmente o ruído dominante nos aerogeradores, visto que há uma diversidade maior de ações mitigadoras por parte dos fabricantes, capazes de reduzir o ruído mecânico através do amortecimento de vibrações e aperfeiçoamento dos diferentes componentes mecânicos de um aerogerador, abaixo do ruído aerodinâmico (Simões, 2015). Com o aumento das dimensões das pás do aerogerador, tal ruído tende sobrepor ainda mais, visto que esta alteração não é linear ao ruído mecânico (Pedersen; Wayne, 2004). Para reduzir o ruído emitido pelas pás do aerogerador, as principais estratégias estão relacionadas com a redução da velocidade da ponta da pá, diminuição da velocidade rotacional ou utilização de pás menores (Rogers; Manwell, Wright, 2006).

3.5 A Avaliação de Impactos Cumulativos

Para que o conceito de impacto cumulativo possa ser utilizado em decisões sobre projetos ou decisões de planejamento, é necessária uma definição operacional. Uma das primeiras foi dada pelo regulamento da NEPA:

“[...] o impacto que resultou do impacto incremental da ação quando acrescida de outras ações passadas e presentes e de ações futuras razoavelmente previsíveis, independentemente de qual agência (Federal ou não) ou pessoa execute tais ações. Impactos

cumulativos podem resultar de ações individualmente significativas que ocorram em um período de tempo [Seção 1508.7] (NEPA, 1997).”

Outra definição de natureza prática é a do guia de avaliação de impactos cumulativos do IFC (*International Finance Corporation*):

“[...] aqueles que resultam de efeitos sucessivos, incrementais e/ou combinados de uma ação, projeto ou atividade quando somada a outras existentes, planejadas e/ou razoavelmente antecipadas (IFC, 2013).”

A definição do Conselho Canadense de Ministros do Meio Ambiente conceitua Impactos cumulativos da seguinte forma:

“Uma mudança no ambiente causada por interações múltiplas entre atividades humanas e processos naturais que se acumulam no espaço e no tempo (CCME, 2014).”

Seguindo a definição do CEQ (1978), impactos cumulativos são o resultado do impacto incremental de uma ação, que quando somadas a demais ações ocorridas no passado, presente e que ainda possam ser previstas, independente de quem são os responsáveis pelas outras ações. Cooper e Sheate (2004) considera que estes impactos cumulativos são a combinação dos impactos de uma ou diversas atividades, e que uma ação individual pode não ser significativa, mas quando combinada a outros impactos pode se tornar relevante.

Três componentes que envolvem o conceito de um impacto cumulativo, sendo eles: a necessidade de considerar diversas ações que simulam fontes potenciais causadores de impacto; considerar vários caminhos entre as fontes de mudanças e os receptores de impactos; e o reconhecimento que estes impactos podem ser aditivos, antagônicos ou sinérgicos (Canter, 2015). Os impactos cumulativos podem resultar de múltiplos efeitos resultantes de um projeto, ou quando combinam os efeitos de diversas atividades (Broderick et al., 2018).

O termo *valued component* tem a tradução simplificada “componente ambiental relevante” descrito por Beanlands e Duinker (1983) como componentes valorizados do ecossistema (*valued ecosystem components*) utilizado para identificar componentes sociais que também podem sofrer impactos cumulativos. Tendo por mais um conceito dado pela IFC, temos:

“Atributos ambientais e sociais considerados importantes para avaliar riscos e impactos [...] são os derradeiros receptores de impactos (IFC, 2013).”

Segundo Hegmann et al. (1999), a componente ambiental é uma parte do meio ambiente que é considerada relevante pelo proponente, órgão público ou cientistas envolvidos no processo de avaliação. Esta importância deve ser determinada com base em valores culturais ou interesse científico

Para o andamento do processo da Avaliação de Impactos Cumulativos (AIC), algumas etapas podem ser utilizadas. As etapas da AIC são similares as que são exigidas durante um EIA, tendo como ponto principal o componente ambiental que será afetado pelas diversas ações (HEGMANN et al., 1999), sendo elas: definição do escopo, descrição do ambiente afetado e determinação das consequências ambientais. Estas etapas não são necessariamente realizadas em sequência, mas de maneira coexistente e interativa, visto que a depender dos resultados apresentados pode ser estipulada uma revisão dos processos realizados para refinamento dos produtos (IFC, 2013). Os quadros abaixo (4, 5 e 6) apresentam estas etapas da avaliação de impactos cumulativos:

Quadro 4: Objetivos e subetapas da Definição do escopo.

Definição do escopo	
Subetapas	Objetivos
Identificação das questões-chave de interesse e componentes ambientais	Identificar questões regionais de interesse associadas ao projeto e definir os objetivos da avaliação: tem como objetivo identificar os impactos diretos e indiretos da ação proposta e quais efeitos sobre os componentes são importantes sob a perspectiva de impactos cumulativos.
	Selecionar os componentes ambientais: deve-se selecionar os componentes ambientais que podem ser afetados pela ação proposta. Cada componente selecionado deve ser objeto de cada etapa descrita a seguir.
	Estabelecer limites espaciais para a análise: para a definição de limites espaciais para cada componente ambiental selecionado, pode-se, por exemplo, determinar a área que será afetada pela ação.
	Estabelecer limites temporais: tem como objetivo determinar os períodos de tempo no passado e no futuro que devem ser considerados para a análise. O limite temporal do passado inicia-se antes da ação proposta e para o futuro considera-se o tempo em que um componente ambiental selecionado se recupera dos efeitos das ações.

Definição do escopo	
Subetapas	Objetivos
Identificação das questões-chave de interesse e dos componentes ambientais	Identificar outras ações que afetam os componentes ambientais selecionados: deve-se identificar outras ações do passado, do presente e as que são razoavelmente previsíveis no futuro, que podem causar efeitos e que podem interagir com os efeitos causados pela ação em análise, em cada componente ambiental.

Fonte: DIBO, 2018.

Quadro 5: Objetivos e subetapas da Descrição do ambiente afetado.

Descrição do ambiente afetado	
Subetapas	Objetivos
Caracterização das condições dos componentes ambientais selecionados	Caracterizar os componentes ambientais selecionados: tem o objetivo de descrever e avaliar as condições históricas e atuais de cada componente, estabelecendo uma base de referência sobre o estado dos componentes.
	Caracterizar as tensões que afetam os componentes ambientais: tem como objetivo de identificar os potenciais impactos de várias ações que afetam os componentes ambientais.

Fonte: DIBO, 2018.

Quadro 6: Objetivos e subetapas da Descrição das consequências ambientais.

Descrição das consequências ambientais	
Sub-etapas	Objetivos
Determinação das consequências ambientais dos impactos cumulativos	Identificar as relações de causa e efeito entre as ações e os componentes ambientais selecionados: tem como foco a descrição das respostas dos componentes em relação as mudanças no ambiente, ou seja, determina quais mudanças ambientais cumulativas resultarão da ação proposta juntamente com as outras ações identificadas.
	Determinar a magnitude e significância dos impactos cumulativos: tem o objetivo de avaliar as consequências da ação proposta sob o contexto de impactos cumulativos de outras atividades.
	Evitar, minimizar e mitigar os impactos cumulativos: tem o objetivo de alterar ou incluir alternativas para evitar, minimizar ou mitigar os impactos cumulativos nos componentes ambientais.

Monitoramento dos impactos cumulativos da alternativa escolhida e inclusão da gestão adaptativa: tem o objetivo de monitorar o estabelecimento das medidas de gestão adotadas e determinar a sua eficácia.
--

Fonte: DIBO, 2018.

O primeiro registro de termo de referência no Brasil se deu no ano de 2005 pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), pertencente ao Governo do Estado do Espírito Santo, sendo apresentado no documento: “Minuta de termo de referência para a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental – EIA/RIMA do Terminal Portuário de Urussuquara da empresa Petrocity Portos S/A, São Mateus/ES.” Na conclusão foi incluída a seguinte solicitação:

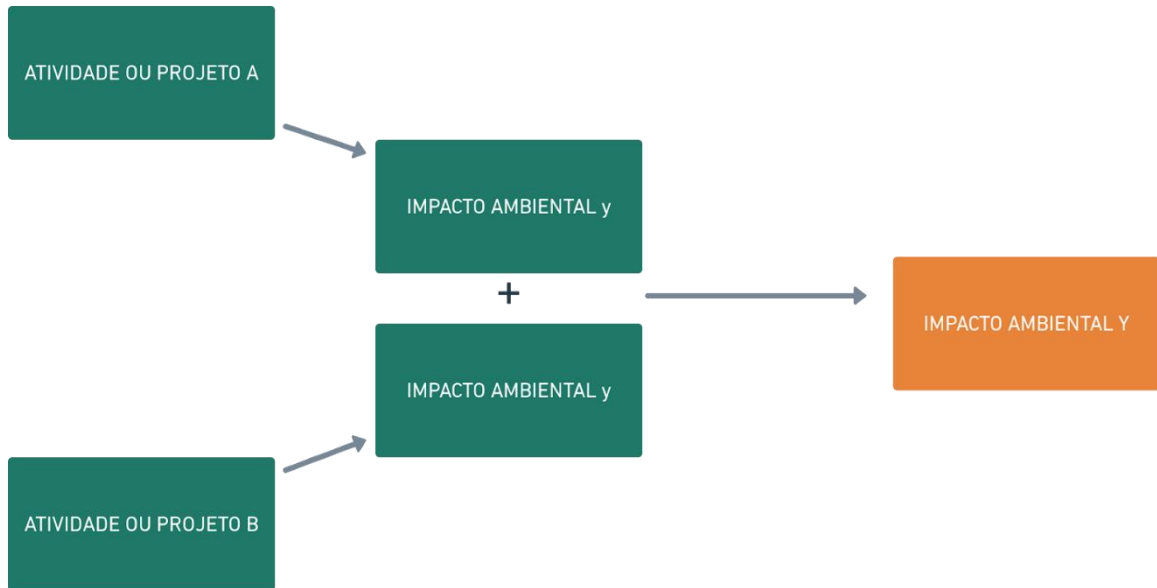
Deverá ser apresentada a conclusão sobre os resultados do EIA, enfocando os seguintes pontos:

Existência de outros empreendimentos previstos e existentes nas áreas de influência, suas relações sinérgicas, efeitos cumulativos e conflitos potenciais com o empreendimento em questão.

Os impactos cumulativos podem ser diferenciados em dois tipos principais: impactos aditivos e impactos sinérgicos. No primeiro, diferentes fontes de mesma natureza geram o mesmo impacto sobre o mesmo receptor, ou seja, os impactos se somam (Sánchez, 2020). Quanto aos processos cumulativos sinérgicos resultam em um impacto composto sobre o componente, com base em múltiplas fontes e interações. Estes tipos de impactos cumulativos podem decorrer de atividades integrantes de um mesmo projeto ou de projetos distintos (Broderick et al., 2018).

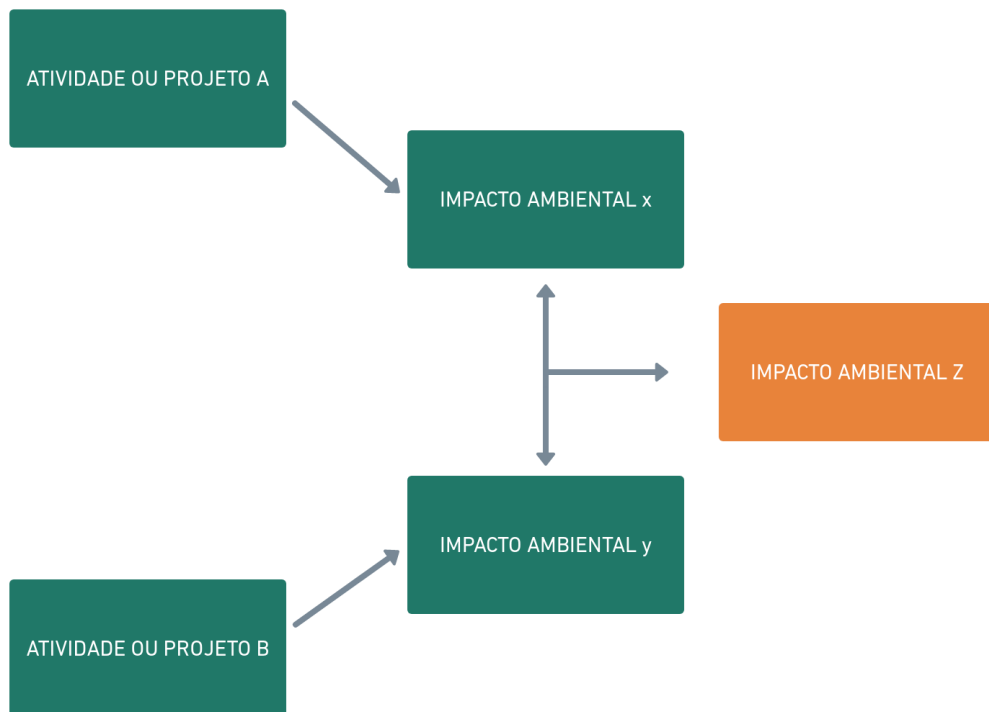
Quando dois impactos se combinam de maneira sinérgica, ou seja, em associação simultânea, podem ocorrer duas ações: tal impacto pode ser potencializado como uma forma não prevista anteriormente; ou um terceiro impacto pode se manifestar. Diagramas causais descritivos são úteis para representar processos aditivos e sinérgicos, como exemplificado na Figura 2 e Figura 3 abaixo, onde são elencados os impactos produto desta sinergia (Sánchez, 2020).

Figura 2: Representação de impactos aditivos potencializados.



Fonte: Sánchez (2020).

Figura 3: Representação de impactos sinérgicos gerando um novo impacto.



Fonte: Sánchez (2020).

4 METODOLOGIA

4.1 Coleta de dados e tratamento

Neste trabalho foram analisados o Programa de Avaliação de Potenciais Impactos Cumulativos e Sinérgicos e o Relatório de Avaliação de Potenciais Impactos Cumulativos e Sinérgicos, referentes a um parque eólico, dentre o conjunto de parques instalados, na região de Pindaí/BA. O empreendimento situa-se no território dos municípios de Caetité e Pindaí, região da Serra Geral, zona rural do Estado da Bahia. A maior parte do empreendimento encontra-se localizado na região do município de Pindaí que se dista cerca de 843 Km da capital do estado, limitando-se ao norte com Guanambi e Caetité, ao sul com Urandi, ao leste com Licínio de Almeida e ao oeste Candiba e Guanambi, tendo sua sede municipal próxima de Candiba e Urandi.

O relatório considerou as áreas de influência do Complexo Eólico abrangendo, portanto, desde sua AII - Área de Influência Indireta, que para o meio social coincide com todo o território do município, até AID - Área de Influência Direta (Raio de 5 quilômetros de distância do empreendimento) e ADA - Área Diretamente Afetada (Raio de 300 metros de distância do empreendimento) A coleta de dados para elaboração do relatório foi realizada através de vistorias mensais por uma equipe multidisciplinar responsável pela gestão ambiental do parque, seguidos de sua análise e tratamento durante a elaboração de relatórios trimestrais e semestrais (por campanha) .

Ao que tange a coleta dos dados utilizados na corrente pesquisa, devido a questões de sigilo contratual, a cessão dos dados foi possibilitada pela empresa proprietária do parque eólico, porém não é permitido especificar qual o empreendimento avaliado, bem como não serão utilizadas informações georreferenciadas do local onde está instalado.

4.2 Características da pesquisa

Esta é uma pesquisa qualitativa e descritiva. A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social ou de uma organização. Neves (1996) exprime que o desenvolvimento de um estudo de pesquisa qualitativa supõe um corte temporal-espacial de determinado fenômeno por parte do pesquisador. Tal recorte permite uma melhor definição da dimensão em que o trabalho irá se desenvolver. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria.

A pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade (Triviños, 1987). O trabalho de descrição tem caráter fundamental em um estudo qualitativo, pois é por meio dele que os dados são coletados (Manning, 1979, p.668).

A pesquisa foi do tipo teórica. Sendo assim, bibliográfica e documental, onde houve o estudo da literatura já existente e de documentos e dados fornecidos pelo empreendimento. Quanto à sua natureza, foi uma pesquisa aplicada, pois gerou conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.

Sobre a forma de abordagem, é uma pesquisa qualitativa, pois considera atividades relacionadas a avaliação de impacto ambiental, havendo a análise de dados pelo pesquisador de forma indutiva. Quanto aos objetivos, caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, visto que há pouco conhecimento e as pesquisas acerca do tema são escassas (Mattar, 1994, p. 84).

4.4 Avaliação da metodologia

A caracterização da metodologia adotada nesta pesquisa oferece uma oportunidade para avaliar sua eficiência na aplicação prática junto à comunidade. Isto foi possível revisando o relatório utilizado como base, ao comparar com a literatura existente, pode propor melhorias na avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos do parque eólico. Além disso, essa revisão permite não apenas a descrição de melhorias na metodologia, por meio do refinamento dos dados coletados, mas também o desenvolvimento de novas hipóteses, com o intuito de aprimorar a objetividade da pesquisa e enriquecer seu escopo de investigação.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Estudo apresentado pelo empreendimento

O estudo utilizado como base para a análise do corrente trabalho é um Programa de Avaliação de Potenciais Impactos Cumulativos e Sinérgicos em um Parque Eólico na região de Pindaí/BA. O estudo em questão utilizou em suas análises o cruzamento de dados do Meio físico e Meio biótico, com o Meio social, visto que era a Componente Ambiental Avaliada.

O seguinte trecho foi retirado do programa:

“Os efeitos sonoros advindos da implantação dos parques eólicos são de natureza temporária e devido às distâncias de separação entre turbinas e receptores, podem não representar um problema significativo. Além disso, é improvável que dois projetos vizinhos estejam em construção ao mesmo tempo, ou se assim for que as obras estariam em andamento perto do mesmo receptor em cada local. Portanto, os efeitos cumulativos da construção não são considerados propensos a representar um efeito cumulativo e ou sinérgico significativo.”

As questões relacionadas aos ruídos operacionais podem surgir quando dois parques eólicos estão em uma proximidade relativamente próxima, a uma distância de alguns quilômetros entre si, e quando o ruído gerado por qualquer um dos projetos eólicos operando isoladamente pode ser detectado em um mesmo ponto receptor. Essa situação se torna particularmente relevante quando os receptores estão posicionados entre os dois projetos eólicos.

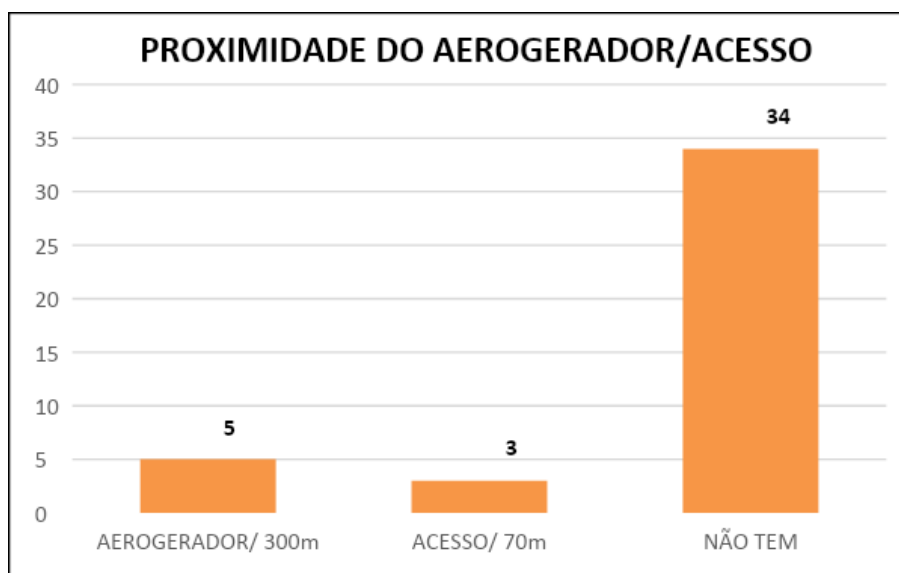
Assim, uma avaliação de efeitos cumulativos e sinérgicos deve considerar a percepção de ruídos pelos receptores, considerando inclusive possíveis particularidades topográficas ou da cobertura do solo (vegetação, construções, etc.) que possa influenciar na percepção do ruído.

Os resultados esperados do programa elencavam que com a implementação do plano, os impactos ocorridos, mesmo que classificados de baixa magnitude, poderiam ser considerados em programas de mitigação e monitoramento, minimizando as alterações produzidas no ambiente, bem como o acompanhamento de ações corretivas para situações que fossem identificadas alterações ambientais acima das aceitáveis. Quanto à aplicação do programa, o impacto dos Ruídos foi avaliado durante a aplicação de um questionário Socioambiental aos moradores das comunidades lindeiras. Para o estudo da avaliação dos efeitos cumulativos, foram aplicados 42 (quarenta e dois) questionários, em 21 (vinte e uma) localidades que estão no entorno do empreendimento eólico. No questionário aplicado, foram considerados quatro

componentes: identificação do entrevistado, caracterização domiciliar, fatores socioeconômicos e fatores socioambientais.

Dos 42 (quarenta e dois) questionários aplicados, 34 (trinta e quatro) foram no município de Pindaí - BA e 08 (oito) no município de Caetité - BA. Os entrevistados estão classificados a uma proximidade dos aerogeradores e acesso da seguinte forma: 05 (cinco) estiveram próximos a 300 metros dos aerogeradores e foram reassentados; 03 (três) estão a 70 metros do acesso; e 34 (trinta e quatro) não têm nenhuma proximidade, conforme Figura 6.

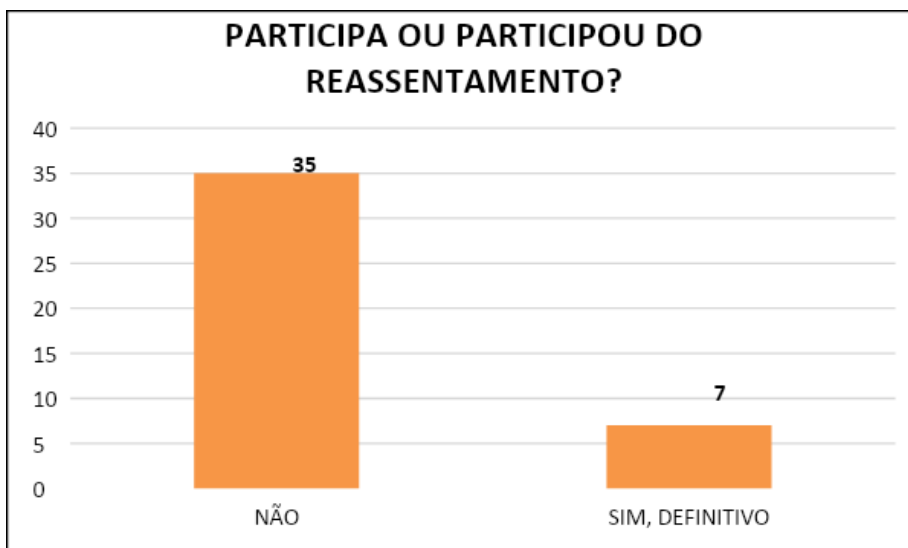
Figura 4: Demonstrativo da proximidade do aerogerador/acesso de acordo com os entrevistados.



Fonte: Elaborado pela equipe multidisciplinar. (2021).

Dadas as medidas iniciais de mitigação do empreendimento para com a comunidade, foram analisados os resultados dos reassentamentos realizados pelo empreendimento. Dos entrevistados, 35 (trinta e cinco) não fazem parte do reassentamento definitivo, enquanto 07 (sete) passaram pelo processo do reassentamento definitivo, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Figura 5: Demonstrativo dos participantes do reassentamento definitivo.

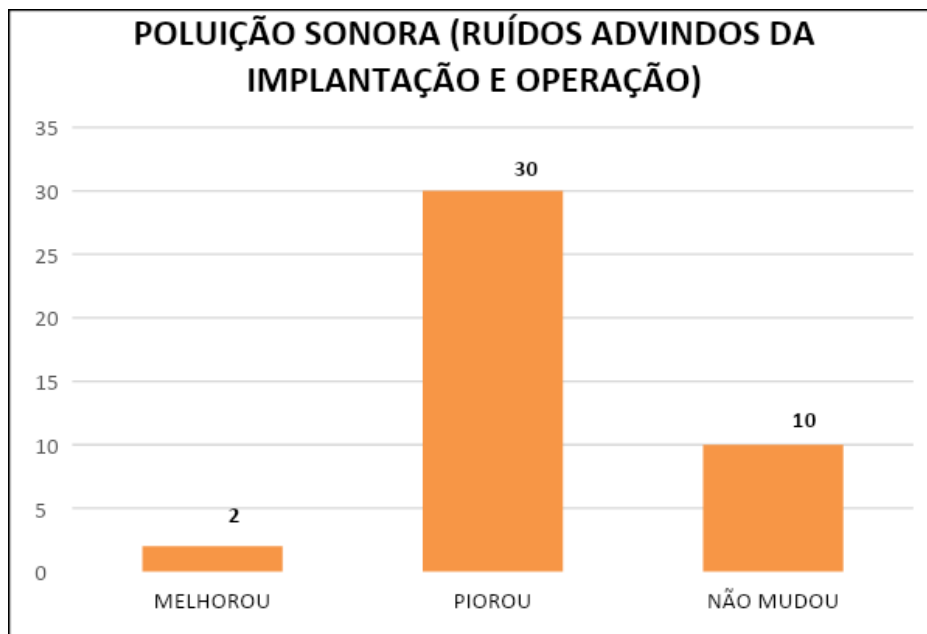


Fonte: Elaborado pela equipe multidisciplinar. (2021).

O reassentamento é uma das formas de indenização realizada pelo empreendimento como forma compensatória de impacto. A mudança de local pode gerar ganhos e perdas para um indivíduo, porém, quando se trata de um deslocamento para um meio que excede as expectativas, esta alteração pode ser considerada como um ganho positivo. No entanto, é importante observar que o deslocamento para um novo local implica em mudanças significativas na vida das pessoas afetadas. Considerando o tempo comum para desmobilização e um parque sendo de trinta anos, podemos afirmar que o impacto é irreversível para a geração de receptores (desconsiderando medidas de mitigação relacionadas à realocação da população).

A análise do impacto de ruídos advindos do empreendimento aos entrevistados foi introduzida ao questionário através do tópico acerca dos impactos socioambientais, sendo ele: “Acerca dos impactos de ruídos no período pós obra: Melhorou, piorou ou não mudou?”. Os resultados são expressos na Figura 6.

Figura 6: Demonstrativo sobre a poluição sonora durante a implantação e operação do empreendimento, de acordo com os entrevistados.



Fonte: Elaborado pela equipe multidisciplinar. (2021).

Em relação à poluição sonora durante a implantação e operação dos parques, 02 (duas) pessoas disseram que melhorou, 30 (trinta) declararam que piorou e 10 (dez) pessoas disseram que não mudou.

Cabe mencionar que, por se tratar de um questionário respondido em formato virtual, a interpretação das perguntas é livre e não conta com esclarecimentos adicionais, sendo que a ausência de esclarecimentos adicionais pode ter levado a uma maior subjetividade nas respostas.

Ao que tange os impactos sobre a fauna, os dados apontados no relatório não relacionam os impactos de ruídos para com o meio biótico. É apresentado no relatório que a partir das vistorias ambientais na área do empreendimento e buscas mensais realizadas no Complexo Eólico, foram identificadas um total de 211 indivíduos de 28 espécies, sendo doze (12) espécies de aves e (16) de morcegos.

Ao longo dessas campanhas, foi possível constatar que o número de carcaças encontradas acompanhou os dados de precipitação pluviométrica da região, sendo que a imensa maioria das carcaças de morcegos encontradas são espécies insetívoras. A justificativa apresentada para este fato é o aumento no número de insetos durante o período chuvoso.

5.2 Avaliação dos Impactos cumulativos

5.2.1 Impacto sobre a comunidade

Quanto aos métodos utilizados para avaliação do impacto causado pelo empreendimento, o único cruzamento dentre os meios de impacto (físico, social e biológico) foi com a componente social e, direcionando o comparativo para o período anterior e posterior às obras.

Conforme elencado anteriormente neste trabalho, há diferentes formas de avaliação ao redor do mundo. É previsto na Resolução CONAMA 462, de 24 de julho de 2014, que:

“Para os empreendimentos cujo limite do parque esteja posicionado a menos de 400m de distância de residências isoladas ou comunidades apresentar este estudo de forma a caracterizar os índices de ruídos e o efeito estroboscópio visando o conforto acústico e a preservação da saúde da comunidade.”

Tal resolução não apresenta diretrizes ou definições quanto à distância de outros empreendimentos ou à quantidade de aerogeradores por projeto. A quantidade de atividades realizadas e o período do ano em que é realizada a avaliação interfere na atenuação do impacto. Como exemplo, o local de estudo é composto por mais três parques eólicos onde, de forma individual, podem não impactar nas residências e comunidade, porém, com o ruído sendo considerado de forma acumulada e sem pausas, o impacto é ainda mais relevante, dificultando a aplicação de medidas de mitigação. Isso ressalta a necessidade de uma abordagem mais abrangente na regulamentação e na avaliação dos impactos sonoros de parques eólicos, levando em consideração não apenas os efeitos individuais, mas também os efeitos acumulados em determinadas áreas.

- Patologias geradas pela exposição ao ruído constante

A exposição ao ruído constante e em baixa frequência pode causar uma série de problemas a longo prazo e, principalmente na saúde da comunidade. Uma investigação conduzida em Portugal tem apresentado que os fenômenos acústicos, sejam eles percebidos ou não pelo sistema auditivo, podem provocar alterações orgânicas no tecido biológico (Alves-Pereira, 1999).

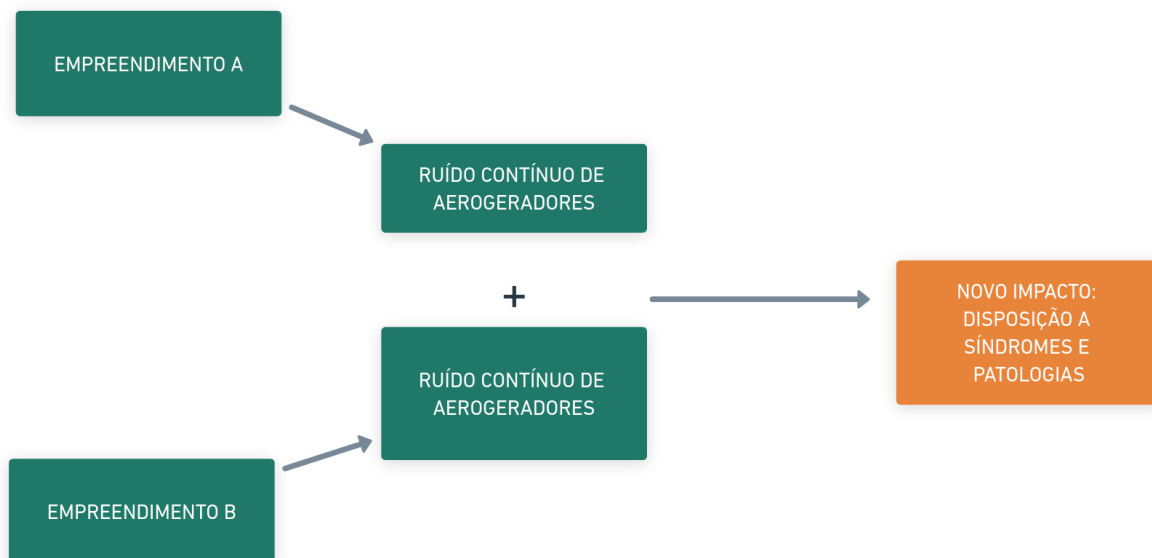
Na década de 80 houveram mais ocorrências de alterações ocasionadas por RBF, onde surgiu a definição da patologia conhecida como DVA (Doença Vibroacústica). Ela foi definida

como um tipo de patologia sistêmica que aflige todo organismo, desde que gerada por contato contínuo aos ruídos de baixa frequência, causando aumento considerável e anormal do colágeno e elastina, proteínas estruturais produzidas e utilizadas pelo corpo humano, que geralmente aumentam suas concentrações quanto há um processo inflamatório no organismo (Branco; Alves-Pereira, 2006). Certas diversidades de alterações celulares foram identificadas em órgãos e sistemas distintos, além dos problemas de fibrose do pericárdio e válvulas do sistema circulatório e coração. Na maior parte dos pacientes, prevalece ainda a ausência de processos físicos que demonstrem a doença (Id., 2006).

Um dos exemplos de síndrome atrelada a esta exposição é a Síndrome da Turbina Eólica, que ocorre pela exposição do indivíduo a dois tipos de frequências: infrassom (0 – 20Hz) e o som audível (20 – 500Hz) (Pierpont, 2015). A doença afeta sistema auditivo através de alterações no aparelho vestibular, que consiste no conjunto de órgãos do ouvido interno, responsável pelo equilíbrio. Os principais sintomas da síndrome são: perturbação do sono, dores de cabeça que aumentam em frequência ou severidade, tonturas, instabilidade, náuseas, exaustão, ansiedade, raiva, irritabilidade, depressão, problemas de concentração e aprendizagem; zumbido nos ouvidos (Id., 2015).

A identificação destas patologias e síndromes expressam a necessidade de avaliações ainda em fase de projeto devido a exposição do ruído à comunidade. O monitoramento das condições de saúde dos moradores de comunidades lindeiras aos empreendimentos devem ser realizados por todo o período de operação do parque. Tal acompanhamento pode ser uma ação conjunta no caso de mais de um projeto existente no raio de impacto dos aerogeradores, cabendo aos órgãos tais condicionamentos. A Figura 7 exemplifica a geração de um impacto sobre o tempo.

Figura 7: Impacto potencializado pela sinergia de diferentes projetos ao longo do tempo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando a variável tempo, identifica-se que antes da implantação do parque, ruídos de obra, aerodinâmicos e mecânicos não faziam parte do cotidiano dos receptores. Durante a fase de implantação, o incômodo causado pela movimentação de máquinas e equipamentos era significativo e passível de reclamações. Esses ruídos, antes inexistentes na região, representaram uma mudança substancial no ambiente sonoro local, afetando a qualidade de vida dos moradores.

Atentando aos impactos dos ruídos para com as comunidades, uma alternativa para melhorar a distribuição geográfica dos empreendimentos eólicos surge ainda em fase de definição do projeto, buscando o ataque a áreas lindeiras a projetos já existentes. Seriam gerados *buffers* ou corredores arranjados de aerogeradores, de forma organizada e planejada para ter mais áreas não fragmentadas onde comunidades possam se instalar, algo semelhante com o que ocorre com corredores ecológicos e reservas legais.

5.2.2 Impacto sobre a fauna

Acerca dos resultados apresentados pelo relatório em questão, o grupo faunístico utilizado na avaliação foi a quiropterofauna (morcegos), porém, sabemos que demais grupos como mastofauna (mamíferos), herpetofauna (anuros e répteis) e ornitofauna (aves) também estão expostos a estes impactos.

A falta de consideração de outros grupos faunísticos além dos morcegos pode resultar em uma avaliação incompleta dos impactos dos empreendimentos eólicos sobre a

biodiversidade. Cada grupo de animais pode responder de maneira diferente aos ruídos e outros distúrbios causados pelas turbinas eólicas. Portanto, é fundamental ampliar a abrangência das avaliações para incluir esses grupos, garantindo uma análise mais abrangente e precisa dos efeitos dos empreendimentos eólicos sobre a biodiversidade local.

Atividades antrópicas ou implantação de projetos frequentemente ocasiona impactos negativos sobre a biodiversidade, com impactos indiretos sobre as espécies, como: perda ou fragmentação de habitats, perda de diversidade genética de espécies e aumento ao risco de extinção (Dibo, 2018). O impacto dos aerogeradores no ambiente acústico natural é particularmente importante. O impacto da poluição sonora na vida selvagem ainda é largamente ignorada no ambiente da AIA durante os processos de planejamento, e há mapeamento insuficiente das espécies selvagens e da sua sensibilidade ao ruído, mesmo em áreas consideradas relevantes para a biodiversidade (Teff-Seker et al., 2022).

Buxton et al. (2017) argumentam que as áreas protegidas que sofrem com elevados níveis de poluição sonora devem ser identificados e geridos de forma adequada, ressaltando que essa poluição sonora merece ser considerada uma ameaça grave à biodiversidade. Apesar da atual escassez de estudos que examinem os efeitos diretos dos ruídos de aerogeradores na vida selvagem, já há um conhecimento acumulado suficiente sobre os impactos da poluição sonora e os efeitos do WT no comportamento de evitação em aves e mamíferos em resposta ao ruído proveniente de aerogeradores.

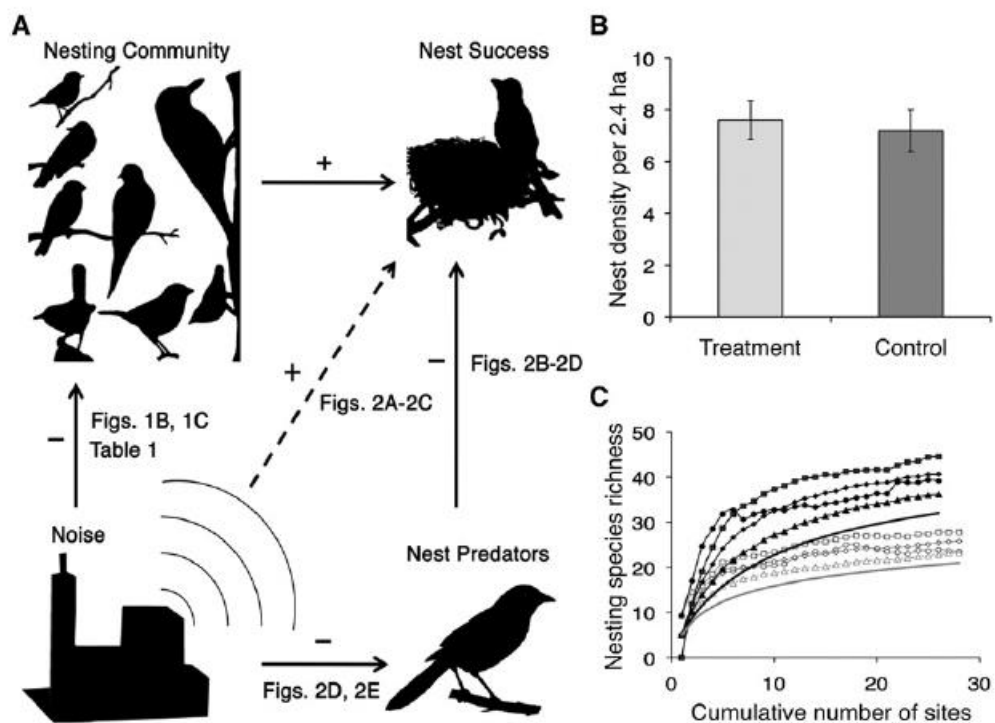
A Alemanha tem avançado mais do que outros países no que diz respeito à abordagem dos efeitos do ruído na vida selvagem, especialmente no caso das aves. Um relatório publicado pelo Kieler Instituto de Ecologia da Paisagem apresenta uma descrição geral dos limites de ruído para espécies locais e para espécies migratórias comuns na Alemanha. Esse relatório sugere que o ruído do tráfego pode perturbar a atenção das aves aos predadores e outros perigos, além de interferir em suas comunicações entre si (Teff-Seker, 2022). Além disso, é apresentado no relatório que os padrões de voo de algumas espécies, incluindo gansos, patos e gaivotas, tendem a evitar áreas próximas a aerogeradores em maior extensão do que em relação a rodovias e estradas locais.

No que tange a herpetofauna, conforme elencado por Oliveira et al. (2023), o ruído dos parques eólicos não tem uma relação significativa com os padrões de diversidade de anuros (riqueza de espécies, composição e abundância). Um dos motivos para isso pode ser a capacidade dos anuros de se adaptarem ao ruído devido às circunstâncias ambientais extremas em que vivem. Durante a estação de reprodução, os anuros se reúnem em grande quantidade e

formam coros ruidosos, o que pode permitir que superem níveis elevados de ruído, sobrepondo-se ao ruído de fundo dos parques eólicos. Apesar disso, é importante considerar que a poluição sonora pode ter impactos crônicos e contínuos nas populações de anuros, uma vez que esses animais são altamente dependentes de pistas acústicas.

Francis et al. (2009) elencam que a perturbação da comunicação acústica afeta a capacidade das aves de se comunicarem vocalmente, dificultando a detecção de chamados de alarme e sinais de acasalamento, o que resulta na redução do sucesso reprodutivo de aves que nidificam ambientes ruidosos. Além disso, juntamente com sensibilidade e intolerância ao ruído, tais alterações levantam preocupações acerca da exclusão de espécies já estabelecidas em um habitat. A Figura 8 exemplifica o impacto descrito.

Figura 8: Impacto do ruído sobre as comunidades de aves.



Fonte: (Francis, et al. 2009).

Portanto, é necessário compreender as respostas à poluição sonora para implementar medidas de mitigação e políticas de conservação. É notável que a cumulatividade e sinergia de efeitos sobre a fauna geram impactos irreversíveis com o tempo, como a perda de diversidade e o afastamento de algumas espécies do local, o que indiretamente causa desequilíbrio ecológico e comportamentos imensuráveis entre os grupos faunísticos. Programas de monitoramento que

envolvam os impactos sobre a fauna são necessários, bem como análises e estudos acerca do comportamento de espécies nativas do local de estudo. A definição dos limites do campo de estudo é necessária para estabelecer indicadores essenciais para a avaliação de impactos.

6. PONTOS DE MELHORIA

Mesmo com as atuais deficiências constatadas na AIC no âmbito de projeto, ela continua sendo uma prática requerida nos processos de AIA. É necessário discutir oportunidades para facilitar sua condução no contexto de projetos, auxiliando as tomadas de decisão de novos empreendimentos e contribuindo para a integridade dos componentes ambientais de interesse (Dibo, 2018).

A realização de campanhas de monitoramentos de ruídos, onde os pontos selecionados para execução da medição interceptam o raio de alcance de aerogeradores de empreendimentos vizinhos, permite a obtenção de resultados mais específicos. Além disso, possibilita a identificação das regiões mais sensíveis e a necessidade de implantação de medidas mitigadoras mais concretas.

Para uma avaliação mais minuciosa acerca dos impactos de determinada região, a esfera responsável pelo licenciamento deve coordenar uma equipe multidisciplinar para analisar os dados fornecidos pelos empreendimentos a fim de um parecer considerando a cumulatividade de impactos de fonte distintas, imputando medidas de mitigação realizadas em conjunto. Tal consideração já é apresentada na NBR ABNT 10151:2019 da seguinte forma:

“Havendo diferentes fontes sonoras contribuintes, recomenda-se ao poder público que estabeleça medidas mitigadoras das emissões sonoras das diferentes fontes, a fim de assegurar que os níveis de pressão sonora do conjunto das fontes não ultrapassem os valores estabelecidos. Para fim de planejamento urbano, recomenda-se aos municípios a adoção de políticas que assegurem que os níveis de pressão sonora não ultrapassem os limites estabelecidos.”

O desenvolvimento de guias e termos de referência específicos para a AIC, com diretrizes e definição operacional sobre quais componentes ambientais e indicadores devem ser avaliados e monitorados, representa uma oportunidade geral para melhorias em nível de projeto. Além disso, a utilização de indicadores ecológicos em escalas mais abrangentes e uma maior divulgação de métricas e ferramentas para desenvolvimento de bases de dados regionais e modelos que possam ser utilizados na avaliação.

Um aspecto relevante da aplicação da AIC é o nível de decisão a que se aplica. Gallardo et al. (2016) reforçam que a AIA de projetos não se caracteriza por avaliar os impactos cumulativos de grupamentos de empreendimentos de mesma ou de naturezas distintas, não

permitindo que as implicações regionais e cumulativas de projetos individuais somados sejam devidamente consideradas. Para Cooper e Sheate (2004), a consideração dos impactos cumulativos em projetos individuais pode reduzir a contribuição incremental desses impactos na região afetada pelo empreendimento. Ainda segundo esses autores, o uso da AIC no planejamento estratégico, no caso de bacias hidrográficas, tende a evitar a geração de impactos cumulativos, antecipando-os no processo de planejamento.

Segundo Gunn e Noble (2011), muitos autores consideram limitado o uso da AIC para projetos e para os quais os efeitos cumulativos são melhor avaliados em contexto regional ou estratégico. De acordo com Joseph et al. (2017), há uma crítica de longa data sobre a baixa capacidade da avaliação de impacto ambiental de projetos individuais em integrar os efeitos cumulativos, por isso a argumentação recorrente que esses efeitos são melhor avaliados em escala regional.

Nesse contexto da avaliação dos impactos cumulativos da escala regional – de bacia – para a escala de hidrelétricas, surge a oportunidade para superar as barreiras da não consideração do tiering ou encadeamento na prática de avaliação de impacto no Brasil, como destacado por Fonseca et al. (2017). Além disso, de auferir os benefícios proporcionados pelo encadeamento, que, de acordo com Sánchez e Silva-Sánchez (2008), permite maior eficácia na tomada de decisão, torna-se uma estratégia crucial para uma abordagem mais abrangente e holística na gestão dos impactos ambientais em diferentes escalas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho identifica deficiências na avaliação de impacto, de forma a servir como base para futuras formulações ou complementações de metodologias de avaliação. Observa-se uma falta de consideração de variáveis importantes, como os impactos ao longo do tempo e a sinergia com ruídos de aerogeradores de outros projetos, no método utilizado para avaliar os impactos cumulativos.

Os impactos sobre a fauna, incluindo a diversidade de espécies e as dificuldades de vocalização, são descritos como áreas críticas que não foram adequadamente abordadas na metodologia.

A necessidade de diretrizes padronizadas e definições claras para avaliações de impacto cumulativo é destacada, bem como a importância de guias específicos por componente ambiental para orientar essas avaliações. A falta de disponibilidade de Termos de Referência em algumas esferas ou órgãos ambientais é apontada como uma barreira para a implementação efetiva da AIC.

Estima-se que as recomendações apresentadas possam auxiliar na execução e compreensão da prática de AIC, tanto por órgãos reguladores na definição de condicionantes e medidas de redução de impactos, quanto por consultores e acadêmicos na elaboração de estudos e disseminação de métodos de avaliação.

REFERÊNCIAS

ABEEólica – **Associação Brasileira de Energia Eólica**. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em 10 fev. 2024.

ALVES-PEREIRA M. **Extra-aural noise-induced pathology. A review and commentary**. *Aviat Sp Environ Med* 1999, 70 (March, Suppl), A7-21.

BARBIERI, José Carlos. Avaliação de impacto ambiental na legislação brasileira. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, p. 78-85, 1995.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial**. Editora Saraiva, 2016.

BEANLANDS, G. E.; DUINKER, P. N. **An ecological framework for environmental impact assessment in Canada**. Halifax: Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, 1983.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília, DF, 1981.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**, altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006, e revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001. Brasília, DF, 2012.

BRODERICK, M.; DURING, B.; SÁNCHEZ, L. E. Cumulative effects. In: THERIVEL, R.; WOOD, G. (Eds). **Methods of Environmental and Social Impact Assessment**. 4 ed. Routledge, New Yoirk, 2018.

BROOKS, T.; POPE, S.; MARCOLINI, M.; Airfoil self-noise and prediction. **NASA Reference Publication**, Hampton, Virginia, ed. 1218, p. 145, 1989. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Dennis-Pope/publication/24335121_Airfoil_self-noise_and_prediction/links/0c96053a0278889d7a000000/Airfoil-self-noise-and-prediction.pdf. Acesso em: 11 fev. 2024.

AIRFOIL Self Noise and Prediction. **NASA Reference Publication**, Hampton, Virginia, ed. 1218, p. 145, 1989. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Dennis-Pope/publication/24335121_Airfoil_self-noise_and_prediction/links/0c96053a0278889d7a000000/Airfoil-self-noise-and-prediction.pdf. Acesso em: 11 fev. 2024.

BUXTON, Rachel T. et al. Noise pollution is pervasive in US protected areas. **Science**, v. 356, n. 6337, p. 531-533, 2017.

CCME – CANADIAN COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY. Canadian -wide definitions and principles for cumulative effects. 2014.

CANTER, L. **Cumulative Effects Assessment and Management: Principles, Process and Practices**. EIA Press: 2015.

CEQ - COUNCIL ON ENVIRONMENTAL QUALITY. **Regulations ofr implementing the procedural provisions of the NEPA Act. 40 CFR** p. 1500-1508, 1978. Disponível em: [http://energy.gov/sites/prod/files/NEPA-40CFR1500\)1508.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/NEPA-40CFR1500)1508.pdf). Acesso em 15 fev. 2024.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental de atividades potencialmente poluidoras**. Brasília, DF, 1986.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014. **Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre**. Brasília, DF, 2014.

COOPER, L. M.; SHEATE, W. R. **Integrating cumulative effects assessment into UK strategic planning implications of the European Union SEA Directive**. Impact Assessment and Project Appraisal, v. 22, n1, p. 5-16, 2004.

DIBO, A. P. A. **Avaliação de impactos cumulativos para a biodiversidade: uma proposta de quadro de referência no contexto da avaliação de impacto ambiental de projetos**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FRANCIS, C.; ORTEGA, C.; CRUZ, A. **Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions**. [s.l.] Current Biology, 25 ago. 2009. Acesso em: 09 fev. 2024.

GARCIA, B. (2010). **Síndrome da turbina eólica**. [Online] Obtido em 06 de fevereiro de 2024, de: <https://mail.uevora.pt/pipermail/ambio/2010-November/018248.html>.

HEGMANN, G. et al. **Cumulative Effects Assessment Practitioner's Guide**. Hull: Canadian Environmental Assessment Agency, 1999.

HIGUCHI, Thiago Andre Bezerra. **A evolução da avaliação dos impactos ambientais no Brasil e no mundo**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

HOGAN, Daniel Joseph. População e meio ambiente: a emergência de um novo campo de estudos. **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo, p. 13-49, 2007.

HUBBARD, H E SHEPHERD, K. (1990). **Wind Turbine Acoustics**. Obtido em 06 de fevereiro de 2024, de: <https://ntrs.nasa.gov/citations/20090026531>

IFC. **Cumulative Impact Assessment and Management. Guidelines for the Private Sector in Emerging Markets**. Washington: IFC, 2013.

MANNING, Peter K., Metaphors of the field: varieties of organizational discourse, In **Administrative Science Quarterly**, vol. 24, no. 4, December 1979, pp. 660-671.

MOREIRA, I.V.D. **Avaliação de impacto ambiental – instrumento de gestão**. Cadernos FUNDAP, v.16, p.54- 63, 1989.

MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário básico de meio ambiente**. Rio de Janeiro: Feema/Petrobras, 1992.

MAIA, D. S. N. **Ruído de parques eólicos: análise e caracterização**. 2012.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Atlas, 1994.

MILARÉ, Édís et al. **Direito do ambiente**. Thomson Reuters Revista dos Tribunais, 2015.

MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de Impacto Ambiental – AIA**. Rio de Janeiro, FEEMA, 1985.

NGUYEN, K. Q. Alternatives to grid extension for rural electrification: Decentralized renewable energy technologies in Vietnam. **Energy Policy**, v.35, n.4, p.2579-89, abr. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151: Acústica — Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas — Aplicação de uso geral**. Rio de Janeiro, p. 33. 2019.

PEDERSEN, E. e WAYE, K. (2004). **Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose - response relationship**. [Online] Obtido em 10 de fevereiro de 2024, de: <http://windfarmrealities.org/wfr-docs/pedersen-dose-response-2004.pdf>.

Pierpont, N. (s.d.). **Síndrome da Turbina Eólica**. [Online] Obtido em 31 de Julho de 2015, de: http://resistir.info/energia/sindrome_c_eolicas.html.

ROCHA, E. C.; CANTO, J. L. do; PEREIRA, P. C. Avaliação de impactos ambientais nos países do Mercosul. **Ambiente & Sociedade**, v. 8, p. 147-160, 2005.

ROGERS, A.; MANWELL, J.; WRIGHT, S. (2006). **Wind Turbine Acoustic Noise**. [Online] Obtido em 11 de fevereiro de 2024, de: <http://www.proj6.turbo.pl/upload/file/424.pdf>.

Rogério Ferreira de Oliveira, André Felipe de Araujo Lira, Valentina Zaffaroni-Caorsi & Geraldo Jorge Barbosa de Moura (2023) **Wind farm noise and anuran diversity patterns: a case study in Brazilian seasonal dry tropical forest**, **Bioacoustics**, 32:5, 544-555, DOI: 10.1080/09524622.2023.2204325

ROHDE, G. M. **Estudos de impacto ambiental: a situação brasileira**. In: VERDUM, Roberto; MEDEIROS, Rosa M. V.(orgs) **Rima, Relatório de Impacto Ambiental: legislação, elaboração e resultados**. 2. ed, Porto Alegre; Ed. UFRGS, 1992. p. 23-42.

SÁNCHEZ, L. E.. Avaliação ambiental estratégica e sua aplicação no Brasil. **São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3. Ed. Atual e aprimorada. São Paulo: Oficina de Textos, 2020.

SPADOTTO, C.A. Classificação de Impacto Ambiental. **Comitê de Meio Ambiente, Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas**. 2002. [online] Disponível: <http://www.cnpma.embrapa.br/herbicidas/> [Acessado em 07/02/2024].

TEFF-SEKER, Y. et al. Noise pollution from wind turbines and its effects on wildlife: A cross-national analysis of current policies and planning regulations. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 168, n. 1, p. 112801, 1 out. 2022.

TRIVIÑOS, A. N. – **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação** – São Paulo: Atlas, 1987.

WAGNER, S.; BAREIS, R.; GUIDATI, G. **Wind turbine noise**, p. 172-177. 1996.

WATHERN, P. Na introductory guide to EIA. In: WATHERN, P. (Org.). **Environmental impact assessment: theory and practice**. London: Unwin Hyman, 1988 P. 3-30

WESTMAN, W. E. **Ecology, Impact Assessment, and Environmental Planning**. New York: Wiley, 1985.