



## PERCEPÇÃO DOS IMPACTOS CAUSADOS POR RUÍDOS DE GERADORES EÓLICOS

Rômulo Diniz Araújo<sup>1</sup>  
Rômulo Diogo Pereira Mesquita<sup>2</sup>  
Thiago Silva de Aquino<sup>3</sup>

### RESUMO

O objetivo do artigo é fomentar indicadores disponíveis na literatura, na ótica da paisagem sonora em relação a percepção dos ruídos de parques eólicos e seus impactos socioambientais em países do sul global. No sul global, China, Índia e Brasil são os principais geradores de energia eólica. Os ruídos típicos de parque eólico situam-se no domínio de baixa frequência 20-200 Hz, com componentes de infrassom inaudível as pessoas. As características acústicas dos parques eólicos poderão justificar novas pesquisas, no sentido de normas mais robustas baseadas em evidências de ruídos de parques eólicos, necessário para minimizar impactos futuros e reclamações de ruído. Os indicadores de avaliação do nível de ruído ambiente foram avaliados de acordo com a norma NBR 10151 de 2000. Para a avaliação da paisagem sonora foram usados os indicadores definidos no trabalho de BONDE et al (2017). Os resultados mostraram que os ruídos das torres são percebidos por mais 81,2% em uma comunidade do Xavier no Ceará. Quanto aos aspectos da paisagem sonora a comunidade considera que afeta expressivamente os elementos naturais e o cotidiano dos moradores locais. Nas comunidades de Amarelas e Patos também no Ceará, tem concordância de 50% que o parque eólico instalado não afeta as atividades do dia-a-dia da comunidade.

**Palavras-chave:** Energia eólica; Paisagem; Ruídos.

### RESUMEN

El objetivo del artículo es promover indicadores disponibles en la literatura, desde la perspectiva del paisaje sonoro, en relación a la percepción del ruido de los parques eólicos y sus impactos sociales y ambientales en países del sur global. En el sur global, China, India y Brasil son los principales generadores de energía eólica. Los ruidos típicos de los parques eólicos se encuentran en el dominio de baja frecuencia de 20-200 Hz, con componentes de infrasonido inaudibles para las personas. Las características acústicas de los parques eólicos pueden justificar una mayor investigación, hacia estándares más sólidos basados en la evidencia del ruido de los parques eólicos, necesarios para minimizar los impactos futuros y las quejas por ruido. Los indicadores para evaluar el nivel de ruido ambiental se evaluaron según la norma NBR 10151 de 2000. Para la evaluación del paisaje sonoro se utilizaron los indicadores definidos en el trabajo de BONDE et al (2017). Los resultados mostraron que el ruido de las torres es percibido por más del 81,2% en una comunidad de Xavier en Ceará. En cuanto a los aspectos del paisaje sonoro, la comunidad considera que afecta significativamente los elementos naturales y la vida cotidiana de los

<sup>1</sup> Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará - UFC, Professor do IFCE – Campus Juazeiro do Norte, romulo.diniz@ifce.edu.br;

<sup>2</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Federal - UF, romullomesquita@gmail.com;

<sup>3</sup> Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual - UE, thiagosdeaquino21@gmail.com;



residentes locais. En las comunidades de Amarelas y Patos, también en Ceará, se llega al 50% del acuerdo de que el parque eólico instalado no afecta las actividades diarias de la comunidad.

**Palabras clave:** Energía eólica; Paisaje; Ruido.

## INTRODUÇÃO

A produção de energia limpa é um conceito dinâmico no qual novos procedimentos e tecnologias surgem constantemente, buscando métodos e práticas para prevenir danos ao meio ambiente (GIANNETTI et al. 2020).

Metas de emissões e fatores econômicos cada vez mais rigorosos impulsionam o rápido crescimento na geração de energia renovável. Isso inclui a energia eólica, que pode ser classificada como limpa e economicamente rentável (ALAMIR et al. 2019).

A capacidade instalada da energia eólica vem crescendo em todo o mundo. Até o final de 2019 a capacidade instalada desta energia foi superior a 651 GW, um aumento de 10 por cento em comparação com o ano de 2018 e de 412,28 por cento comparado com o ano de 2009 (GWEC, 2018. GWEC, 2019).

Os países do Sul Global que se destacam na produção de energia eólica, são: A China que no final de 2020, possuía uma capacidade de geração eólica de 281,5 GW, a Índia que no mesmo período contava com a capacidade instalada de 38 GW e o Brasil, que bateu a marca de 19 GW de capacidade instalada no final de 2020 (NEA, 2020; ABEEÓLICA, 2020; INVEST INDIA, 2020)

Nessa pesquisa a definição de Sul Global é baseada em seis características comuns encontradas na literatura e de acordo com Jardim (2015): é um conceito não-geográfico, relativo ao empoderamento dos Estados do Sul Global como sujeitos históricos e atores importantes no cenário internacional; o termo envolve identidades comuns forjadas por interações entre os atores que compõem o Sul Global e respaldadas pelas suas similaridades históricas; é um grupo bastante heterogêneo, reunindo desde potências médias, como o Brasil e a Índia, até pequenos estados insulares; em comparação com termos anteriormente utilizados para designar esse agrupamento de países, “Sul Global” carrega consigo um peso político de empoderamento; o Sul Global não é necessariamente anti-norte, os países de maior importância do Sul Global não advogam pela substituição da ordem internacional vigente; por fim, o conceito de Sul Global pode também ser denotado pela emergência de atores não estatais, mas de atuação transnacional.



A figura 1 mostra parte da capa da publicação do relatório da Comissão Brandt de 1980, que foi idealizada pelo banco mundial, cujas respostas mostraram a necessidade de haver mais investimentos austrais do Planeta, a fim de contornar as iminentes crises econômica e ambiental. Esta figura mostra uma linha que dividia o Norte e o Sul, a qual ficou conhecida como Linha de Brandt (RIGG, 2015).

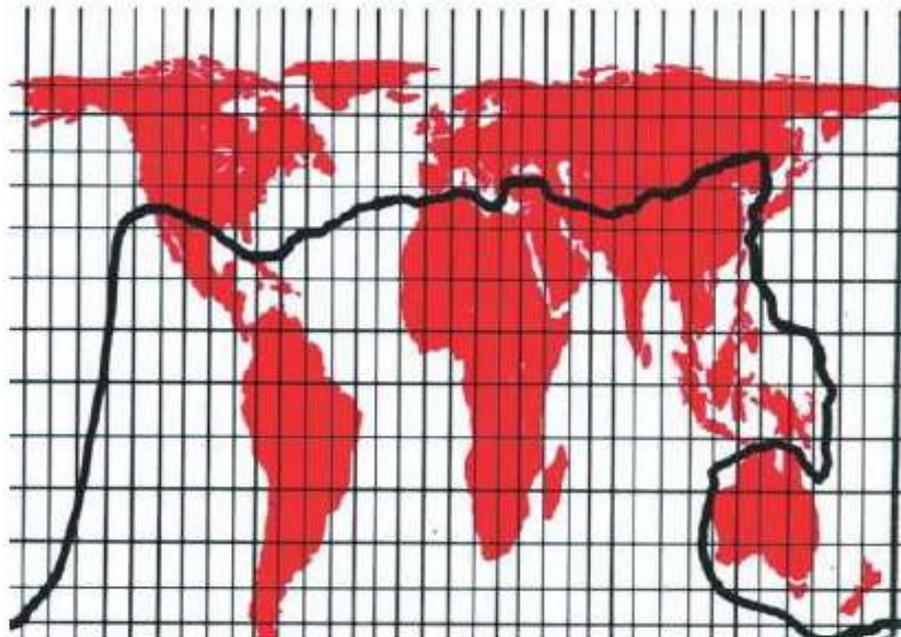


Figura 1: Linha de Brandt  
Fonte: MAGALLANES, 2015

Países que fazem parte do Sul Global, estão cada vez mais promovendo a energia renovável, dentre elas a energia eólica que se apresenta no cenário de produção de energia limpa, como um plano alternativo às fontes não renováveis (de origem fóssil), colaborando para reduzir o efeito estufa e o aquecimento global, preservando ao mesmo tempo os recursos naturais do planeta (MONTEFUSCO; SANTOS; SANTOS, 2020).

O Brasil, seguindo essa tendência, e aproveitando um vasto território com alto potencial eólico explorável viu na produção de energia eólica uma forma de produzir energia limpa e sustentável. Assim foram dados diversos incentivos para que se desenvolvessem esse tipo de projeto pelo território nacional. Atualmente o país se destaca como um dos maiores produtores de energia eólica do mundo, sendo considerado um local para bons investimentos nessa área e desenvolvimento tecnológico nessa área. De acordo com dados de 2021 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o país



possui um total de 751 parques eólicos, possuindo um total de potência de 19.550 MW (ANEEL, setembro 2021).

Em 2011, o número de parques eólicos no Brasil era 68, porém, em 2012, houve um aumento de 73% do potencial eólico e um acréscimo de mais 40 parques eólicos, contabilizando um total de 108 parques (ABEEólica, 2012). Já em 2021 houve um aumento de 695% no território brasileiro contabilizando 751 parques eólicos (ANEEL, 2021). O aumento de empreendimentos eólicos no Brasil, devido ao seu potencial eólico, vem crescendo de forma acelerada comparada a última década, a procura por uma energia “limpa” está cada vez mais em abundância no Brasil. O Nordeste é a região que se destaca com os maiores números de geração de energia eólica em 2021, o estado do Rio Grande do Norte em primeiro com 30% de toda produção de energia eólica do país, Bahia em segundo com 26,9% e em terceiro o Estado do Ceará com 12,2%. (ANEEL, setembro 2021)

Porém, este tipo de empreendimento, quando implantado em áreas de com forte dinâmica ambiental e próximo a áreas ocupadas, causa impactos socioambientais, desde a fase da construção até a operação, os quais são identificados como: interferência na flora e fauna por alteração na cobertura vegetal; introdução de substratos sedimentares para a compactação e impermeabilização do solo, a interferência direta na fauna alada por colisão com as pás dos aerogeradores; perturbação no trânsito durante o transporte dos componentes dos aerogeradores; aumento na demanda por serviços e infraestrutura; alteração na paisagem; aumento da dinâmica econômica e a produção de ruídos, transformação da paisagem e dos espaços de lazer, dentre outros. (CHAVES, 2019; LEITE et al. 2019; COSTA, 2019 apud FERNANDES, 2017; TOLMASQUIM, 2016; MENDES, 2016; WANG, 2015; MEIRELES, 2011).

Alguns dos impactos mais evidenciados durante a implantação e operação dos parques eólicos são as alterações na qualidade e estética da paisagem e a produção de ruídos (BUNN; FILHO; ZANNIN. 2016). Na figura 2 podemos observar estes impactos através de um parque eólico instalado ao lado de uma comunidade tradicional na praia de Xavier, no município de Camocim, no estado do Ceará.



Figura 2: Parque eólico instalado em comunidade tradicional  
Fonte: Giovanna Castro, 2021.

A paisagem é hoje uma das categorias fundamentais do conhecimento geográfico. Esse conhecimento mostra que a paisagem é uma categoria de análise relacionada à dinâmica do tempo, ou seja, ela representa um conjunto, que é compreendido pela combinação de elementos físicos, biológicos e sociais, que interagem e evoluem de forma indissociável. No entanto, ela pode ser entendida e trabalhada a partir de diversas concepções, de acordo com a proposta e a metodologia escolhida (BIER, 2016).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo fomentar indicadores disponíveis na literatura, na ótica da paisagem sonora, em relação às diretrizes atuais referentes aos ruídos de parques eólicos e seus impactos socioambientais em países do sul global, bem como, identificar os principais problemas por eles relatados. Além, de demonstrar as características acústicas dos parques eólicos que poderão justificar novas pesquisas, no sentido de normas mais robustas baseadas em evidências de ruídos de parques eólicos, necessário para minimizar impactos futuros e reclamações de ruído.

## **METODOLOGIA**

Realizou-se uma pesquisa, analisando a literatura de forma sistemática, sobre as características e os impactos dos ruídos provenientes de parques eólicos. Os principais meios da pesquisa incluíram as plataformas: Compendex - Engineering Village, Scopus,



Google Scholar e várias outras fontes da Internet. As pesquisas foram realizadas através de palavras-chave, com os termos “wind farm noise” or “wind farm noise impact” or “wind farm noise standards” or “types of noise originating from wind farms.

Para a avaliação da paisagem sonora, segundo (BONDE *et al* 2017) *apud* Aletta, Kang e Axelsson (2016), os principais indicadores utilizados são:

- *Noise annoyance* (incômodo do ruído) - analisa o impacto do ruído sobre a comunidade;
- *Pleasantness* (agradabilidade sonora) - indica o valor hedônico (prazeroso ou não prazeroso) do som;
- *Quietness/Tranquility* (Quietude ou tranquilidade) - avalia o grau de tranquilidade do local;
- *Music-likeness* (similaridade com a música) - estabelece uma analogia ou similaridade da paisagem sonora com a música;
- *Perceived affective quality* (qualidade afetiva percebida) - classifica a paisagem sonora por atributos relativos à calma, prazer, excitação, agitação/vibração, caos, incômodo, monotonia e rotina;
- *Restoractiveness* (capacidade de reconstituição) - diferencia a capacidade de reconstituição entre diferentes ambientes;
- *Soundscape quality* (qualidade da paisagem sonora) - verifica a percepção geral do ambiente sonoro, medindo se o ambiente é bom ou ruim;
- *Appropriateness* (adequabilidade) - investiga que sons são ouvidos em um local e o quanto ele é apropriado.

Diferentemente da avaliação da paisagem sonora, a avaliação dos efeitos do ruído, normalmente são utilizados descritores sonoros. Estes descritores são utilizados para avaliar e regulamentar os vários efeitos do ruído, que compreendem não apenas o incômodo, mas o risco de dano à audição, interferência na fala e efeitos na saúde extra-auditivos, por exemplo, o descritor: Nível Equivalente de Pressão Sonora (LAeq), que é obtido a partir do valor médio quadrático da pressão sonora (com a ponderação A) referente a todo o intervalo de medição (BONDE *et al* 2017).

## REFERENCIAL TEÓRICO



#### ▪ **Som e Ruído**

O som é um fenômeno físico que tem origem a partir da variação ou oscilações da pressão do ar que ocorre em meios elásticos como por exemplo o ar, a água ou sólidos. Essas partículas, quando sofrem essas vibrações ou oscilações, são transmitidas através de partículas de ar adjacentes.

A percepção do som se dá pela detecção dessas vibrações pelo sistema auditivo através dos ouvidos. Se esse estímulo subjetivo (no cérebro) for considerado agradável ou tiver um significado auditivo, tal estímulo é classificado como som. Porém se não tiver um significado auditivo, for considerado um incômodo, ou até mesmo causar danos à saúde, significa que é classificado como um ruído (MAIA, 2013; ALMEIDA, 2018).

Segundo Almeida (2018), alguns especialistas concordam que na verdade não é possível definir um conceito para "ruído" utilizando somente parâmetros físicos do som como base, podendo ser assim definido como energia acústica audível e não audível, podendo afetar o bem estar fisiológico e psicológico das pessoas.

Sendo assim, as características físicas do som podem ou não significar um forte indicativo de ruído. Contudo é necessário entender que a noção de desconforto varia de acordo com a percepção de cada pessoa, podendo ou não ter ligação com as circunstâncias em que ocorre podendo o estilo de vida, a idade e a predisposição fatores subjetivos que influenciam a sensação de desconforto (IA, 2004; CARVALHO & ROCHA, 2008). Um exemplo disso são os shows ao vivo, onde nem sempre os sons são percebidos como ruídos, por mais que possam prejudicar a saúde.

#### ▪ **Paisagens Sonoras**

A definição de Paisagem é amplamente discutida na Geografia e foi definida de forma simplificada na obra “Metamorfoses do Espaço Habitado”, por Santos (1988, p 21.) como “Tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança, é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons, etc.”

Conceitos geográficos padronizados como paisagem, lugar, espaço, distância e território são elementos fundamentais de discussões públicas e acadêmicas sobre a aceitação social das energias renováveis (FAST, 2013).

O estudo da paisagem permite à Geografia entender que a relação da sociedade com a natureza seja compreendida na complexidade que lhe é inerente. A paisagem é, ao



mesmo tempo, o produto e a matriz produtiva das transformações da sociedade e, por esse motivo, de certa forma o seu reflexo (BIER, VERDUM 2014).

Paisagem sonora é um conceito com origem na palavra inglesa *soundscape*, que remete à observação do universo sonoro que nos rodeia. Uma paisagem sonora é composta pelos diferentes sons que compõem um determinado ambiente e podem ser sons produzidos pela natureza, pelo corpo humano ou por objetos diversos. Podemos citar como exemplo desta transformação, a instalação de um parque eólico, um empreendimento de grande porte, que altera a paisagem a qual os moradores estavam habituados e cria um ruído que pode modificar a relação do morador com aquele ambiente ou até mesmo descaracterizar a paisagem sonora local, anteriormente marcada por componentes naturais e, conseqüentemente, por ser um elemento estranho às comunidades, pode modificar a percepção dos moradores sobre o parque e a comunidade (SILVA, 2019).

Estudos realizados pela Geografia do Brasil, correlacionam a questão do ruído com os conceitos geográficos. (SZEREMETA e ZANNIN, 2015) se propõe a analisar o ambiente sonoro de parques urbanos na cidade de Curitiba – Paraná, por meio de uma abordagem holística, considerando-se o conceito de paisagem sonora. Este conceito que caracteriza um determinado local não se restringe ao levantamento dos níveis de ruído, mas sim, a conectividade deste tipo de levantamento a outros métodos de percepção do ambiente sonoro, pois, este ambiente não é avaliado unicamente através de estímulos mensuráveis, mas também por parâmetros sensíveis, como a percepção e representações individuais desse ambiente, além dos vários outros fatores nele presentes.

(MALANSKI, 2011) apresenta em sua pesquisa os desafios a respeito dos desdobramentos e implicações dos sons no espaço e na mente do homem, através do uso da paisagem sonora para o ensino de Geografia, buscando desta forma responder às seguintes questões: Sendo a noção espacial ampliada pelo sentido auditivo, quais são os efeitos do uso da paisagem sonora para o ensino e compreensão do conceito de paisagem no âmbito da Geografia escolar? A paisagem sonora pode ser um recurso teoricamente e praticamente viável para isso?

No trabalho intitulado "Paisagens sonoras: possíveis caminhos aos estudos culturais em geografia" Torres e Kozel (2010) discutem o conceito de paisagem na Geografia, e apontam caminhos para estudos que tenham por base a paisagem sonora, na busca da compreensão da cultura e do lugar.



É habitual analisar o conceito de paisagem e relacioná-lo à uma cena que afeta somente o sentido da visão, com seus aspectos físicos e materiais. Porém a definição produzida por Milton Santos nos mostra que a paisagem pensada exclusivamente dentro do campo visual não é suficiente para compreender sua relevância na vida de uma sociedade. Os sons que afetam o sentido da audição, precisam ser valorizados dentro do conceito de paisagem e a partir dos estudos de Murray Schafer, o conceito de paisagem sonora ganhou força (OLIVEIRA, 2019).

No final da década de 1960 e início dos anos 1970, Murray Schafer, liderou um grupo de pesquisa sobre o ambiente sonoro denominado World Soundscape Project (WSP) um projeto educacional e grupo de pesquisa, na Simon Fraser University, na cidade de Vancouver. O grupo estava preocupado com as rápidas mudanças nas paisagens sonoras urbanas, principalmente com o aumento da poluição sonora (PAIVA, 2018). Eles criaram o conceito de paisagem sonora, em inglês, “soundscape”, como a junção de duas palavras “sounds” (som) e “landscape” (paisagem).

Em seu primeiro trabalho, Murray Schafer, buscando chamar atenção para as rápidas mudanças no ambiente sonoro na cidade de Vancouver desenvolveu um estudo detalhado da paisagem sonora de Vancouver em 1972, denominado The Vancouver Soundscape (OLIVEIRA, 2019; GOMES, 2017). Murray Schafer na obra The Tuning of the World de 1977 se dedicou a criar e desenvolver uma série de conceitos para abordar o som qualitativamente, mais notavelmente o conceito de paisagem sonora originalmente apresentado por Southworth no ano de 1969, que se refere ao conjunto de sons que podem ser ouvidos em um determinado local.

De acordo com Gomes (2017) Murray Schafer demonstra sua preocupação com as mudanças no ambiente acústico mundial ao mesmo tempo em que procura chamar a atenção para a percepção do som que, segundo ele, teria sido negligenciada em relação a visão, explicando que a poluição sonora estava sendo tratada através do foco na diminuição de ruídos, uma abordagem incorreta, diferentemente dos estudos sobre ruído realizados por engenheiros e arquitetos, seus estudos estavam principalmente interessados em compreender o som como uma qualidade e não como um mero incômodo (PAIVA, 2018).

De acordo com Gomes (2017) Thompson chama a atenção para o fato de que a paisagem sonora tanto diz respeito ao lugar, quanto a forma de percebê-lo, preocupando-se em analisar as relações sociais e culturais do som na “Era das Máquinas”, através do



surgimento de novos sons que irão evidenciar as mudanças na sociedade, implicando alterações na percepção dos indivíduos.

### Ruídos em parques eólicos

Diversas perspectivas teóricas influenciaram a geografia no século XX, mudando suas metodologias e a forma como seus temas foram concebidos. O som, como outros assuntos, foi concebido de maneira muito diferente por geógrafos de paradigmas concorrentes. Conceitos como ruído, paisagem sonora ou som como efeito, entre outros, dominaram as geografias do som em períodos específicos. (PAIVA, 2018).

Em teoria, os ruídos gerados por turbinas eólicas, possuem duas categorias principais, o ruído mecânico e o ruído aerodinâmico.

O ruído mecânico é produzido geralmente pelos componentes dentro da turbina eólica, tais como, o gerador elétrico, os sistemas hidráulicos e a caixa de engrenagens. O tipo de ruído produzido por esses componentes mecânicos tende ser mais tonal e de banda estreita por natureza, o que é mais irritante para os humanos do que o som de banda larga (JIANU; ROSEN; NATERER, 2014).

Existem duas formas de propagação do ruído mecânico para o ambiente: pelo ar ou pela estrutura. A propagação pelo ar acontece quando o ruído é propagado diretamente, pois o som é emitido diretamente para o ambiente. Já na propagação pela estrutura, o ruído é mais complexo uma vez que pode ser transmitido ao longo da estrutura da turbina, podendo ser irradiado pelas pás, nacelle ou torre. (JIANU; ROSEN; NATERER, 2014; WAGNER et al., 1996).

Segundo Maia (2010), nas novas gerações de aerogeradores já são verificados algumas alterações que buscam reduzir esse tipo de ruído, como por exemplo uma melhor insonorização da gôndola e sistemas de amortecimento de vibrações e cargas além de melhoras no sistema de arrefecimento a ar por sistemas de refrigeração a óleo.

O ruído aerodinâmico é predominante na turbina eólica e é um fator influenciado pela velocidade do vento incidindo sobre as pás do aerogerador. O ruído aerodinâmico pode ainda ser dividido em três grupos: (1) ruído de baixa frequência (Low Frequency Sound), (2) ruído de turbulência do fluxo (Inflow Turbulence Sound) e o ruído próprio da pá (Airfoil Self Noise). Em relação a este último grupo de ruídos, há seis regiões ao longo da pá que, de forma independente, produzem ruídos diferentes, não interferindo uns com os outros. Os ruídos são identificados nas seis regiões como sendo: (a) ruído de borda de fuga da camada limite turbulenta, (b) ruído de liberação de vórtice de camada



limite laminar, (c) ruído de tenda de separação, (d) vórtice de embotamento de borda de fuga derramamento de ruído, (e) ruído de formação de vórtice de ponta e (f) ruído devido ao influxo turbulento (JIANU; ROSEN; NATERER, 2014)

Os parques eólicos possuem diversos elementos que geram ruídos e integram a paisagem sonora do ambiente de entorno aos parques. Estes ruídos produzidos por aerogeradores estão relacionados a fatores, como a distância entre o aerogerador e as áreas povoadas, o ruído de fundo onde as turbinas estão instaladas, e as condições de operação e manutenção dos aerogeradores (KLUG, 2002).

#### ▪ **Legislação do controle de ruídos em parques eólicos**

O problema dos ruídos em parques eólicos está ganhando abertura nas discussões em organismos mundiais. Por exemplo, no ano de 2010, na cidade de Parma, Itália, ocorreu a Quinta Conferência Ministerial sobre Meio Ambiente e Saúde. Os países membros da União Europeia solicitaram à Organização Mundial da Saúde – OMS, que elaborassem orientações a respeito dos ruídos em parques eólicos. A OMS através do Grupo de Desenvolvimento de Diretrizes – GDD, recomenda para exposição média ao ruído, condicionalmente a redução do ruído a níveis produzidos por turbinas eólicas abaixo de 45 dB, pois, o ruído da turbina eólica acima deste nível está associado a efeitos adversos à saúde (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

No Brasil, não existe uma norma específica para o controle de ruídos em parques eólicos, o que existem são: a norma NBR 10151 de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, que avalia a aceitabilidade do ruído em áreas habitadas, visando o conforto das comunidades. Esta norma determina o Nível de Critério de Avaliação – NCA, para ambientes externos, como por exemplo, os valores permitidos em áreas de sítios e fazendas, locais onde geralmente os parques eólicos são instalados, são 40 dB no período diurno e 35 dB no período noturno (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000). E a Resolução CONAMA 462 de 2014, que estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos geradores de energia elétrica a partir de fonte eólica, e determina que seja feita a caracterização dos índices de ruídos e o efeito estroboscópico, visando o conforto acústico e a preservação da saúde da comunidade em parques eólicos que estejam a menos de 400 metros de distância de residências isoladas ou comunidades (BRASIL, 2014).

Em relação à produção de ruídos, ALAMIR et al. (2021) explica que o ruído é identificado como sendo o contaminante físico mais persistente em ambientes humanos.



Nos parques eólicos os ruídos são um dos impactos mais discutidos. Segundo POHL et al. (2018), vários estudos como (HEALTH CANADA, 2014; MICHAUD et al., 2016A, 2016B, 2016C, PAWLACZYK- LUSZCZYNSKA et al., 2014; PEDERSEN et al., 2009; PEDERSEN E PERSSON-WAYE, 2004, 2007; POHL et al., 1999, 2012 e TAYLOR et al., 2013), fornecem evidências que o ruído é uma fonte potencial de aborrecimento, indicando incômodo. O ruído em parque eólico tem características únicas, como o domínio de ruído de baixa frequência, que é o som entre 20-200 Hz, e os componentes de infra-som, que é considerado o som de frequências abaixo de 20 Hz, esses sons se mostram ser mais irritante do que compostos de média a alta frequência nos mesmos níveis de pressão sonora (ALAMIR et al. 2019; SCHMIDT; KLOKKER. 2014).

Em muitos países, os limites permitidos de ruídos, produzidos por parques eólicos são genéricos, e baseados em diretrizes de ruídos tradicionais, como o ruído ambiental, industrial e urbano, todavia, essa abordagem se mostra potencialmente inadequada, dado a predominância de frequência e outras características acústicas dos ruídos de parques eólicos, que diferem de outras fontes de ruído ambiental (ALAMIR et al. 2021).

Da mesma maneira em que acontece com ruídos tradicionais, o ruído do parque eólico tem a capacidade de causar incômodos, perturbar o sono e afetar a saúde e o bem-estar das pessoas que residem na circunvizinhança do parque (SCHMIDT; KLOKKER. 2014). Essas informações devem ser levadas em consideração, tendo em vista, o crescimento das instalações dos parques eólicos no mundo. Esses efeitos destacam a necessidade de garantir que a produção de ruídos dos parques eólicos permaneça dentro de limites razoáveis.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As pesquisas acadêmicas realizadas no Ceará têm como foco analisar a percepção da população local em relação ao nível de ruído emitido pelos parques eólicos. Estudos da Geografia, como (SILVA, 2019), tem o objetivo de investigar os níveis de ruídos e analisar de que forma os moradores da Comunidade de Xavier, Camocim-CE, percebem o ruído das torres e quais alterações este causou no cotidiano comunitário e na paisagem sonora local. Os resultados mostraram que os ruídos das torres são percebidos por mais de oitenta por cento dos habitantes (81,2%) da comunidade e causam incômodo em 25% dos entrevistados.



No trabalho de (LEITE, 2019), objetivou-se entender a resposta de três comunidades para o desenvolvimento de parques eólicos no litoral do Ceará associando os fatores institucionais, de justiça e paisagem. Os resultados revelaram que as comunidades de Amarelas e Patos apoiam o parque eólico existente com 50% e 54% de concordância total, respectivamente. Maceió discordou totalmente em 82%.

Já na pesquisa de (SOUSA, 2016), o objetivo do estudo foi realizar uma análise integrada da paisagem, sobretudo da dinâmica socioeconômica junto à comunidade da Praia de Xavier, através de metodologias participativas, com foco nos impactos ocasionados pela instalação do parque eólico. Os resultados mostraram que a instalação do parque eólico na comunidade Xavier provocou impactos essencialmente negativos, afetando expressivamente os elementos naturais e o cotidiano dos moradores locais, tendo as medidas compensatórias influenciado de forma direta na aceitação, por parte dos habitantes, do parque eólico, gerando conflitos internos e mudanças de comportamento, em caráter individual e coletivo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na literatura é escasso as pesquisas sobre os problemas dos ruídos produzidos por aerogeradores em comunidades no entorno dos parques eólicos quanto a ótica dos impactos socioambientais, principalmente, os países que integram o Sul Global.

É importante verificar os níveis de ruídos produzido por parques eólicos, visto que a avaliação dos mesmos, normalmente é executada com base apenas nos critérios gerais da avaliação do ruído ambiente, o que nem sempre se revela ser uma abordagem eficaz devido a vários fatores que interagem com a turbina eólica.

O aumento da potência e a dimensão das turbinas eólicas, bem como o crescimento do número de parques eólicos, levam a uma mudança nas variáveis das componentes do ruído, que muitas vezes só são consideradas após a instalação destes parques. A legislação brasileira referente a ruídos oriundos de parques eólicos são baseadas na norma 10151 de 2000, uma lei que trata da avaliação do ruído em áreas habitadas.

Em relação aos parques eólicos no Brasil não existe nenhuma lei atual que seja direcionada para a geração de ruídos advindos dos aerogeradores a comunidades próximas devido a localização ser em ambientes rurais e afastados das cidades. Com um



acelerado aumento de parques eólicos entre 2012 e 2021 é necessário novas regulamentações, estudos e análises na geração de ruídos em ambientes rurais próximos às comunidades. Os indicadores de avaliação do nível de ruído ambiente têm vindo a evoluir ao longo do tempo. Para efeitos de avaliação e imposições de limites legais, atualmente no Brasil a norma NBR 10151 de 2000, avalia a aceitabilidade do ruído em áreas habitadas, visando o conforto das comunidades. Esta norma determina o Nível de Critério de Avaliação – NCA, para ambientes externos, como por exemplo, os valores permitidos em áreas de sítios e fazendas, locais onde geralmente os parques eólicos são instalados, são 40 dB no período diurno e 35 dB no período noturno.

Para a avaliação da paisagem sonora os principais indicadores utilizados são: incômodo do ruído, agradabilidade sonora, quietude ou tranquilidade, similaridade com a música, qualidade afetiva percebida, capacidade de reconstituição, qualidade da paisagem sonora e adequabilidade.

A contribuição desta pesquisa é elencar os principais indicadores que causam impactos socioambientais em comunidades em torno de parques eólicos. Sendo o mais importante em termos de paisagem sonora os ruídos gerados pelas turbinas eólicas que causam inúmeros problemas.



## REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA - Associação Brasileira de Energia Eólica. Brasil completa 19 GW de capacidade instalada de energia eólica. 15 de junho de 2021. Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/noticias/dia-mundial-do-vento-brasil-completa-19-gw-de-capacidade-instalada-de-energia-eolica//>>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

ALAMIR M.A.; HANSEN K.L.; CATCHESIDE P. 2021. Penalties applied to wind farm noise: Current allowable limits, influencing factors, and their development. *Journal of Cleaner Production*, 295, art. n.º. 126393

ALAMIR, M.A.; HANSEN, K.L.; ZAJAMSEK, B.; CATCHESIDE, P. 2019. Subjective responses to wind farm noise: a review of laboratory listening test methods. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 114 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109317>, 109317.

ALMEIDA, J. N. F. de. Análise geográfica do risco de exposição a infrasons e ruído de baixa frequência, com origem em turbinas eólicas. 253 p. Tese (Doutorado Geografia) - Universidade de Coimbra, 2019.

ANEEL. Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico. SIGEL, 2021. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2000.

BIER, L. L. Estudo da Paisagem: Percepções Sobre o Complexo Eólico de Osório/RS. Dissertação (Dissertação em Geografia) Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BIER, L. L; VERDUM, R. Percepção da Paisagem: Aerogeradores em Tapes (RS). *Revista Espaço Aberto, PPGG - UFRJ*, V. 4, N.1, p. 47-64, 2014. ISSN 2237-3071.

BOND, P. S.; SOUZA, L. C. L. de; FERNANDES, R. A. S. Percepção da paisagem sonora no parque da represa em São José do Rio Preto, SP. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p. 143-160, abr./jun. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (2014). Resolução CONAMA n.º. 462, de 24 de julho de 2014. altera o art. 1º da Resolução CONAMA n.º 279, de 27 de julho de 2001, e dá outras providências.

BUNN, F.; FILHO, M. M. O.; ZANNIN, P. H. T. Impacto ambiental sonoro no trecho sul da linha verde na cidade de Curitiba, paraná, Brasil. *Revista Raega – O espaço Geográfico em Análise*. RA'EGA – Curitiba, v. 38, p. 7-34 , Dez/2016

CARVALHO, A., & ROCHA, C. Manual técnico para elaboração de planos municipais de redução de ruído. Agência Portuguesa do Ambiente. Lisboa, 2008.



CHAVES, L. O. Modos de vida e conflitos pelo uso dos recursos naturais na Comunidade do Cumbe, Aracati, Ceará - Brasil. 2019. 277 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

FAST, S. Social Acceptance of Renewable Energy: Trends, Concepts, and Geographies. *Geography Compass*, vol. 7, no. 12, pp. 853–866, Dec. 2013.

GIANNETTI, B.F.; AGOSTINHO, F.; ERAS, J.J.C; YANG, Z.; ALMEIDA, C.M.V.B. 2020. Cleaner production for achieving the sustainable development goals. *J. Clean. Prod.* 271 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122127>, 122127.

GOMES, H. Percepção e pesquisa na paisagem sonora: os fluxos do meio e o observador participante. *OuvirOUver – Revista dos Programas de Pós-Graduação do Instituto de Artes da Universidade Federal de Uberlândia*. v. 13 n. 2 p. 494-508 jul.|dez. 2017.

GWEC - Global Wind Energy Council, 2019. *Global Wind Report. Annual Market Update 2018*.

GWEC - Global Wind Energy Council, 2019. *Global Wind Report. Annual Market Update 2019*.

IA. O ruído e a cidade. Instituto do Ambiente. Lisboa, 2008

INVEST INDIA – NATIONAL INVESTMENT PROMOTION & FACILITATION AGENCY. Creating a sustainable world. C2020. Disponível em: <<https://www.investindia.gov.in/sector/renewable-energy>>

JARDIM, A. C. Understanding the concept of Global South: an initial framework. 2015. Disponível em: <<http://www.mundorama.net/2015/11/11/understanding-the-concept-of-global-south-an-initial-framework-por-camila-amorim-jardim/>>. Acesso em: 28 de julho de 2021.

JIANU, O.; ROSEN, M.A.; NATERER, G. Noise Pollution Prevention in Wind Turbines: Status and Recent Advances. *Wind Turbine Technology: Principles and Design*, p 311-330, January 1, 2014

KLUG, H. Noise from Wind Turbines: Standards and Noise Reduction Procedures. Trabalho apresentado no Forum Acusticum, 2002, Sevilla, Espanha.

MAGALLANES, R. On The Global South. *Concepts of the Global South – Voices from around the world*, 2015. Global South Studies Center, Universidade de Colônia, Alemanha.

MAIA, D. S. N. Ruído de parques eólicos: análise e caracterização. Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, 2010.

MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, v. 11, p.1 – 20.2011.



NEA - National Energy Administration. U.S.-China Joint Statement Addressing the Climate Crisis. 21 de janeiro de 2021. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-china-energy-climatechange-idUSKBN29Q0JT>

OLIVEIRA, D. A. A. Paisagens Sonoras e sua Importância no Ensino de Geografia da Educação Infantil. 14º Encontro Nacional de Prática de Ensino de Geografia Políticas, Linguagens e Trajetórias. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 2019. ISBN 978-85-85369-24-8

Paiva, D. (2018) Dissonance: scientific paradigms underpinning the study of sound in geography. *Fennia* 196(1) 77–87.

PAIVA, D. Dissonance: scientific paradigms underpinning the study of sound in geography. *Fennia* 196(1) 77–87. 2018. <https://doi.org/10.11143/fennia.69068>

POHL J.; GABRIEL J.; HUBNER G. Understanding stress effects of wind turbine noise – The integrated approach (2018) *Energy Policy*, 112 , pp. 119-128.

RIGG, J. The Global South. Concepts of the Global South – Voices from around the world, 2015. Global South Studies Center, Universidade de Colônia, Alemanha.

SANTOS, M. Metamorfoses do espaço habitado. Fundamentos Teórico e metodológico da geografia. Hucitec. São Paulo. p. 21. 1988.

Schafer, RM (1977) *The Tuning of the World*. Random House, Nova York.

SCHMIDT, J.H; KLOKKER. M. 2014 Health Effects Related to Wind Turbine Noise Exposure: A Systematic Review. *PLoS ONE* 9(12): e114183. doi:10.1371/journal.pone.0114183

SILVA, L. N. A. Paisagem sonora e análise dos impactos causados por ruídos em parques eólicos na comunidade Xavier, Camocim, litoral oeste do Ceará. 2019. 86 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

SZEREMETA, B; ZANNIN, P. H. A Percepção dos Praticantes de Atividade Física Sobre a Qualidade Ambiental Sonora dos Parques Públicos de Curitiba-Paraná. *Revista RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*. ISSN: 2177-2738. Curitiba, v.33, p.07-43, Abr/2015.

TORRES, M. A.; KOZEL, S. Paisagens Sonoras: Possíveis Caminhos aos Estudos Culturais em Geografia. *Revista RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise*. Curitiba, n. 20, p. 123-132, 2010. Editora UFPR

WAGNER, S.; BAREIß, R.; GUIDATI, G. *Wind turbine noise*. 1ª ed. Berlim: Springer-Verlag 1996, 215 p

WORLD HEALTH ORGANIZATION. 2018. *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. ISBN 978 92 890 5356 3. Disponível em: <[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/383921/noise-guidelines-eng.pdf)>. Acesso em: 17 de junho de 2021.