

MUDANÇAS CLIMÁTICAS LOCAIS APÓS INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

LOCAL CLIMATE CHANGE AFTER INSTALLATION OF WIND PARKS IN BRAZILIAN SEMIARID

Amanda Souza Bezerra¹ Mário Melquíades Silva dos Anjos² Andreza Raquel Barbosa Farias³ Luciano Pires de Andrade⁴ Horasa Maria Lima da Silva Andrade⁵

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: amandabezerra0301@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6689-9173>

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: mario.melquiades@live.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5577-173X>

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: ariasarb@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7458-1640>

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: lucianopandrade@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5818-711X>

⁵ Universidade Federal Rural de Pernambuco, E-mail: horasaa@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5366-6610>

Artigo recebido em 03/11/2022, aceito em 27/10/2023.

Palavras-chave:

Parque eólico;
Precipitação;
Alteração do clima;
NDVI.

RESUMO

A energia eólica é de fonte renovável, barata e necessita de pouca manutenção, por isso tem sua implantação sendo ampliada, inclusive no Brasil. Atualmente, há grande investimento na implantação de energia eólica para Pernambuco, em 2016 foram instalados dois complexos eólicos no estado. Porém, há controvérsias quanto a ser uma energia ambientalmente correta, podendo causar impacto na fauna e flora, ruídos, redução de chuvas, mudança na sensação de temperatura e alteração do clima local ao longo dos anos. Assim, foi visto a necessidade de entrevistar moradores de áreas de parques eólicos, comparar relatos com dados de precipitação obtidos no site da APAC, comparar imagens NDVI após instalação de aerogeradores. Com base nos resultados de precipitação, das imagens NDVI e dos relatos de moradores, pode-se afirmar que houve redução dos índices de chuva, no entanto, esse período corresponde a uma estiagem prolongada no semiárido nordestino, logo, a instalação das torres eólicas pode ter agravado a situação da região.

Keywords:

Wind farm;
Rainfall; Climate
change; NDVI.

ABSTRACT

Wind energy is a renewable source, cheap and requires little maintenance, so its implementation is being expanded, including in Brazil. Currently, there is a large investment in the deployment of wind power in Pernambuco, in 2016 two wind complexes were installed in the state. However, there is controversy regarding an environmentally friendly energy that can impact fauna and flora, noise, glove reduction, temperature change and local climate change over the years. Thus, the need for interviewing residents of wind farm areas, comparing reports with capture data on the APAC website, comparing NDVI images after wind turbines installation was visualized. Based on the capture results, NDVI images and resident reports, it can be observed that there was a reduction in rainfall rates, however, this period corresponds to a prolonged drought in the northeastern semiarid, thus, a towers installation and analysis. may have aggravated a situation in the region.

1. INTRODUÇÃO

O aumento crescente da industrialização e emissão de gases agravantes do efeito estufa tem levado várias nações a discutirem a expansão da matriz energética para fontes renováveis. A implantação de sistemas geradores de energia renovável contribui como modelo sustentável sendo alternativa as fontes finitas. E neste sentido, sob o ponto de vista da sustentabilidade, a energia eólica configura como uma matriz energética sustentável, pois atualmente é considerada uma energia limpa e viável (LIMA et al, 2016). A energia dos ventos é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. Obtida pela energia cinética das massas de ar em movimento, o vento (AZEVEDO et al, 2017), que além de apresentar baixo nível de emissão de gases poluentes possibilita que o desmatamento seja menor quando comparado com outras fontes.

No entanto, há empecilhos para implantação dos aerogeradores, como ruídos, perda da paisagem natural local, efeitos nocivos a pássaros e morcegos e área perdida para terraplanagem para construção do parque (SILVA, 2018), tanto que Cashmore et al. (2018) apoiam uma concentrada oposição à localização de Tecnologias de Energia Renovável, através do mundo, pois esses efeitos podem ser minimizados se houver planejamento adequado para implantação de parques eólicos.

Loreiro et al. (2015) observaram em estudo de caso realizado no município de Acaraú-CE, alteração parcial do solo como resultado do trabalho de preparação do terreno para obras e abertura de vias de acesso aos aerogeradores, podendo causar compactação do solo, erosão e conseqüentemente eliminação da cobertura vegetal. Silva et al. (2016) relataram descaracterização da paisagem pela instalação do parque eólico em Cajucoco-CE, onde anteriormente era composta, principalmente por vegetação de tabuleiro de porte arbustivo ou arbóreo/arbustivo, diferente da paisagem constituída por torres e estradas de acesso.

Esses estudos mostram além dos danos ao solo, que há ainda derrubada da mata nativa para implantação das torres eólicas. Conceição et al. (2016), em estudo que relaciona precipitação com evapotranspiração, verificaram que os meses de menores índices de precipitação são justamente os meses com menores índices de evapotranspiração, e os maiores índices de precipitação são observados quando concomitante com os maiores índices de evapotranspiração. O que indica que chuva e vegetação são dependentes uma da outra.

Miller e Keith (2018) argumentam que para poder gerar energia, todas as fontes renováveis vão alterar os fluxos energéticos naturais, de modo que os impactos climáticos são inevitáveis, pois, segundo esses pesquisadores, turbinas eólicas geram eletricidade extraindo energia cinética, o que retarda os ventos e modifica a troca de calor e umidade entre a superfície e atmosfera.

Segundo Nazir et al. (2019), dependendo do tamanho do parque eólico pode haver variação do clima local, ou até mudanças macroclimáticas ao nível do continente, mas que a nível universal é insignificante. Dados preparados pelo escritório de estatística Água, em Liga Xilingo, a Mongólia Interior, analisou pontos de precipitações e constatou que houve uma grande seca depois de 2005 e que essa deficiência pluviométrica afetou zonas de turbinas eólicas.

A redução na pluviosidade pode acontecer pelo afastamento das nuvens devido a intensidade e velocidade dos ventos, que causa ainda sensação térmica de mais frio, e também pela redução da vegetação ocasionada pelo desmatamento para implantação das torres eólicas. A detecção de mudanças na cobertura e uso da terra é necessária para a atualização de mapas para gerenciamento de recursos naturais (CARVALHO et al., 2002), este tipo de mapa ainda é o mais comum para a maioria dos requisitos climatológicos (USTRNULL e CZEKIERDA, 2005). Mapas de cobertura de solo podem ser feitos utilizando técnicas de sensoriamento remoto, que tem exercido importante papel no estudo da vegetação, suas ferramentas têm auxiliado no monitoramento, dinâmica e detecção de mudanças tanto naturais como antrópicas, além das aplicações em estudos fisiológicos e fenológicos das plantas. Uma das ferramentas desenvolvidas para o estudo da vegetação são os Índices de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (HOLANDA e GUERRA, 2010).

Moradores da zona rural de Caetés, onde foi instalado parque eólico, reclamam de mudanças na temperatura e diminuição do índice de chuvas no município após implantação de aerogeradores. Diante dessa problemática, o objetivo deste trabalho foi verificar a redução dos acumulados anuais de precipitação pluviométrica no município de Caetés após instalação de parque eólico, a partir do testemunho dos moradores locais e da comparação das médias pluviométricas anuais de 2005 à 2018 obtidas no site da agência Pernambucana de Águas e Clima-APAC, e relacionar com o desmatamento a partir de comparação de imagens NDVI.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O Município de Caetés está localizado no Agreste de Pernambuco (Figura 1), com área de 294,946 km², população de 26.577 habitantes com densidade demográfica de 80,66 hab/km² e altitude de 849m acima do nível do mar segundo dados do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

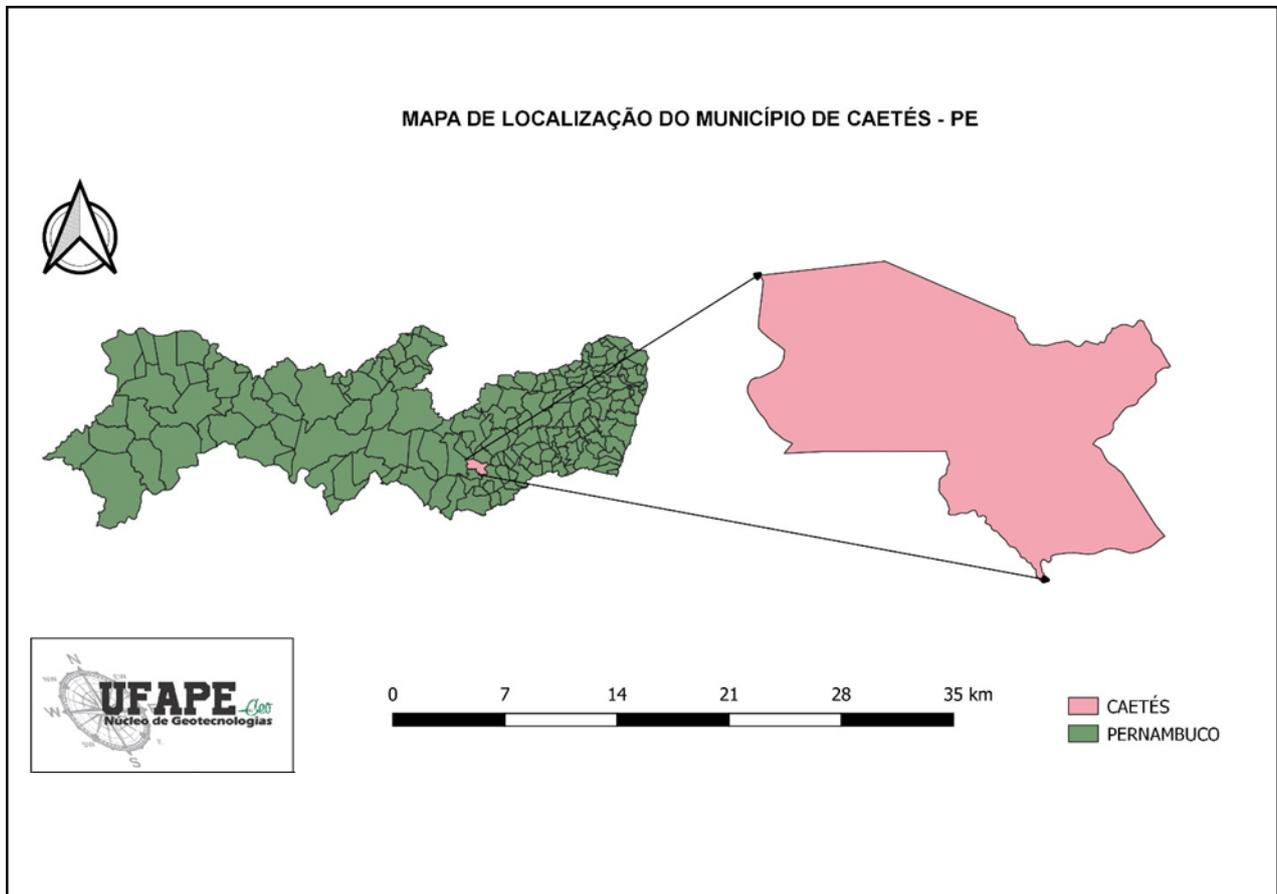


Figura 1 – Mapa de localização do município de Caetés-PE.

Em outubro de 2015 foi inaugurado o Complexo Eólico Ventos de Santa Brígida, que é formado por sete parques eólicos, distribuídos entre os municípios de Caetés, Pedra e Paratama. No total, há 107 aerogeradores instalados com capacidade de gerar 181.9 MW, energia suficiente para abastecer 350 mil casas, primeiro projeto da Casa dos Ventos em Pernambuco. No segundo semestre de 2016, foi inaugurado o Ventos de São Clemente, que pode ser considerado como uma segunda fase de um conglomerado de parques eólicos, que está localizado nas proximidades do complexo eólico Santa Brígida.

A Figura 2 - mostra a dimensão do parque de diferentes pontos da região.



Figura 2. Vista de parte do parque eólico localizado no município de Caetés-PE.
Fonte: Autores (2019).

O Complexo eólico Ventos de São Clemente é formado por oito parques eólicos, que totalizam 216,1 MW localizados nos municípios de Caetés, Pedra, Venturosa e Capoeiras, segundo Mário Araripe, Miguel Saad e Lucas Araripe, porta-vozes da Casa dos Ventos (2015), empresa promotora dos parques eólicos.

2.2 APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

O método de entrevista usado neste trabalho, tem sido um procedimento de coleta de dados amplamente utilizado em pesquisa em Ciências Humanas. Sendo designado como um método, um instrumento de pesquisa e ainda uma técnica (REA; PARKER, 2000; MANZINI, 2006; MANZINI, 2012). No entanto, segundo Poupart (2008), a entrevista não é somente um método para aprender experiência dos outros, mas igualmente como instrumento que permite esclarecer suas condutas, pois estas só podem ser interpretadas considerando-se a perspectiva dos atores, ou seja, é uma maneira de colocar os indivíduos daquela realidade como personagens principais do caso em discussão.

A entrevista foi realizada por alunos do curso de agronomia da Unidade Acadêmica de Garanhuns, dentro de um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq edital N°21/2016 PROC.402798/2017-1, e teve como público alvo moradores da zona rural do município de Caetés em que parte dos dois parques eólicos está instalada. Os entrevistados estão na região desde antes da implantação do parque e, portanto, acompanharam

de perto sua instalação e todos os eventos posteriores, inclusive as mudanças diante da implantação em sua região.

Foram entrevistados um total de 29 moradores locais, em sua maioria agricultores donos de pequenas porções de terra, todos residentes próximos as áreas onde as torres foram instaladas. Na situação os entrevistados foram questionados se perceberam mudanças nas condições de tempo após a instalação do parque eólico, se achavam que isso poderia estar associado com os aerogeradores, em relação aos ventos, se sentiam mais frio, ou se não houve alteração desde então, e em relação a constância de chuvas e observação das nuvens após a instalação do Parque Eólico. A Figura 3 mostra como se deu o processo de entrevistas com os moradores.



Figura 3. Equipe de pesquisa entrevistando moradores dos arredores do parque eólico.
Fonte: Autores (2019).

Além da entrevista, outras metodologias para desenvolvimento do trabalho foram utilizadas. Coleta e análise de dados de precipitação obtidos no site da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), em que o acumulado anual da precipitação de cada ano do Município de Caetés, foi calculada por soma das precipitações mensais, assim, foi possível fazer comparações dos índices de chuva de antes da instalação do parque eólico com as médias posteriores a instalação.

Desde 2012, o nordeste como um todo passou por um longo processo de estiagem, e entre os anos de 2015 e 2016, período que corresponde as menores taxas de precipitação na região, o continente estava sob ação do fenômeno El niño, que muda os padrões de vento a nível mundial, afetando assim, os regimes de chuva em regiões tropicais, esses fatos também podem ter determinado a situação de estiagem na região.

Para constatar o desmatamento, que pode influenciar na quantidade de chuva da região foi calculado

o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) utilizando técnicas de sensoriamento remoto, como o software QGIS 3.4, plataforma de Sistema de Informação Geográfica (SIG), a partir de imagens do satélite LANDSAT-5 para o ano de 2010 e do LANDSAT-8 para o ano de 2016, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O ideal seria selecionar imagens dos meses de janeiro a junho, já que são meses que apresentam maiores índices de chuva, no entanto, por apresentarem grande quantidade de nuvens, não seria possível fazer os cálculos de NDVI, por não haver transparência suficiente nas imagens. Assim, foram escolhidas imagens do mês de agosto, sendo esse um mês de estiagem na região, que também pode ter corroborado para o resultado do NDVI, pois a vegetação é típica do bioma caatinga que como estratégia para reduzir a evapotranspiração, perdem a folhagem em períodos muito secos, dos anos de 2010 e 2016, pois 2010 foi o ano que apresentou maior somatório de precipitação pluviométrica e ser anterior a instalação dos aerogeradores no município e 2016 por apresentar menor somatório de precipitação pluviométrica e ser posterior a implantação da maioria dos aerogeradores no município.

Para cálculo do NDVI foi usada a Equação 1:

$$NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED) \quad (1)$$

Em que:

VI = Reflectância do pixel na banda do infravermelho próximo, representado pela banda 5 no LANDSAT-8 e pela banda 4 no LANDSAT-5.

V = Reflectância do pixel na banda do vermelho, representado pela banda 4 no LANDSAT-8 e pela banda 3 no LANDSAT-5.

Após o cálculo de NDVI, e obtidos os valores de cada imagem, que variam numa escala de -1 a 1, quanto mais próximo de 1, maior o índice de vegetação, quanto mais próximo de -1 menor o índice, que pode indicar solo exposto, asfalto, rochas, corpos de água e etc. Para exemplificar os intervalos e definições de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para a área de estudo em questão, segue a tabela segundo Silva et al, (2017) (Figura 4).

Intervalos NDVI	Classes	Alvos de superfície
-1 – -0,18	Classe 1	Corpos d’água
-0,18 – -0,04	Classe 2	Áreas sem Vegetação
-0,04 – 0,03	Classe 3	Vegetação decídua menos densa
0,03 – 0,14	Classe 4	Vegetação decídua mais densa
0,14 – 0,29	Classe 5	Vegetação Semidecídua
0,29 – 0,69	Classe 6	Vegetação Perenifólia

Tabela 1. Classificação de NDVI adotada para área de estudo
Fonte: Silva et al (2017).

As imagens apresentam a composição de cores RGB (vermelho, verde e azul), palheta de cores

utilizada no software, onde as tonalidades vermelho e verde destacam os extremos da escala do NDVI.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Entrevista

Para a entrevista foram ouvidos 29 moradores locais, dos quais 25 dos entrevistados disseram perceber mudanças nas condições de tempo após a instalação do parque, três relataram que não perceberam mudanças nas condições de tempo e uma falou que não sabia responder se houve ou não mudança nas condições de tempo. Onze pessoas (44%), responderam que percebem o tempo mais frio após a instalação do parque eólico, nove pessoas (36%) reclamam do frio e do vento, duas pessoas relatam que a precipitação reduziu (8%), e três pessoas (12%) disseram que além da precipitação ter reduzido o tempo está mais frio desde o início do funcionamento dos parques eólicos (Figura 4).

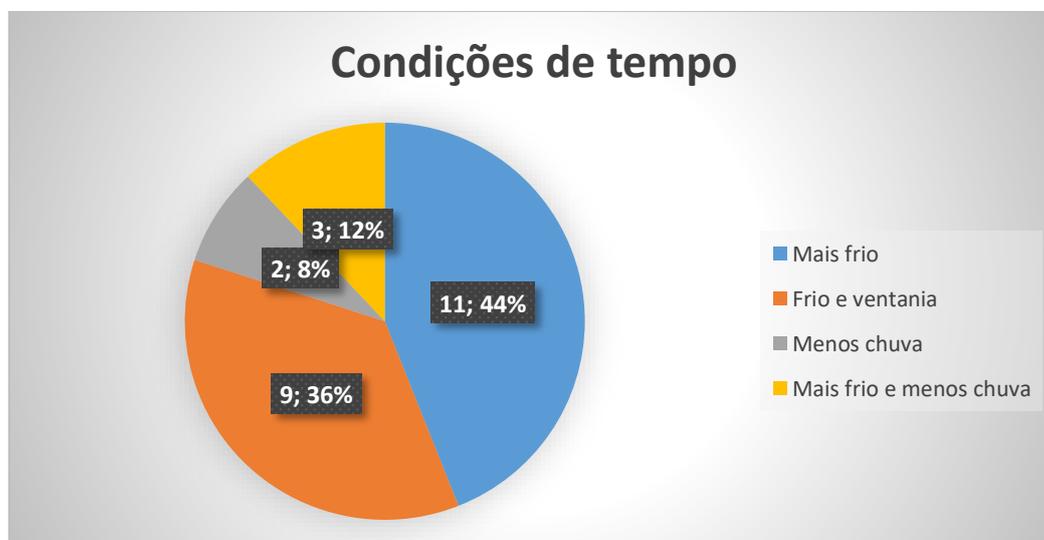


Figura 4. Gráfico das condições de tempo relatadas pelos entrevistados.

Os moradores relatam ainda que o frio é mais intenso no período noturno e que em relação a precipitação eles percebem a formação de nuvens, mas que a incidência é maior no entorno do parque (municípios vizinhos) em relação a área que as torres ocupam. O frio foi um fato observado também pelos entrevistadores, uma vez que mesmo as entrevistas tendo sido realizadas pela manhã em um dia ensolarado era perceptível a queda de temperatura no centro da cidade e na área rural onde o parque está instalado. A percepção de diferença climática em áreas próximas as torres, demonstra a formação de microclima, uma vez que o mesmo apresenta elementos potenciais para o desenvolvimento deste fenômeno. Uma vez que unidade microclimática pode ser definida como aquela que é oriunda de movimentos turbulentos do ar na circulação terciária (próximo ao solo), além da influência feita por possíveis obstáculos a circulação do ar (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

3.2 MÉDIAS DE PRECIPITAÇÃO

A precipitação de cada ano do Município de Caetés, foi coletada no site da APAC, e em seguida para obtenção do acumulado anual. As maiores precipitações foram observadas nos anos de 2005, 2009 e 2010, sendo a maior precipitação observada no ano de 2010. Sendo a precipitação acumulada de 2005 igual a 2811,5, a de 2009 igual a 3032,1 e a de 2010 igual a 3126,9 que corresponde a um período anterior a implantação dos parques eólicos e os menores acumulados observadas foram nos anos de 2015, 2016 e 2018, sendo 2016 o que apresentou menor índices de chuva, com precipitações anuais de 2415,2, 2380,2 e 2582,6 respectivamente, esse período corresponde a durante e depois da instalação dos parques eólicos (Figura 5).

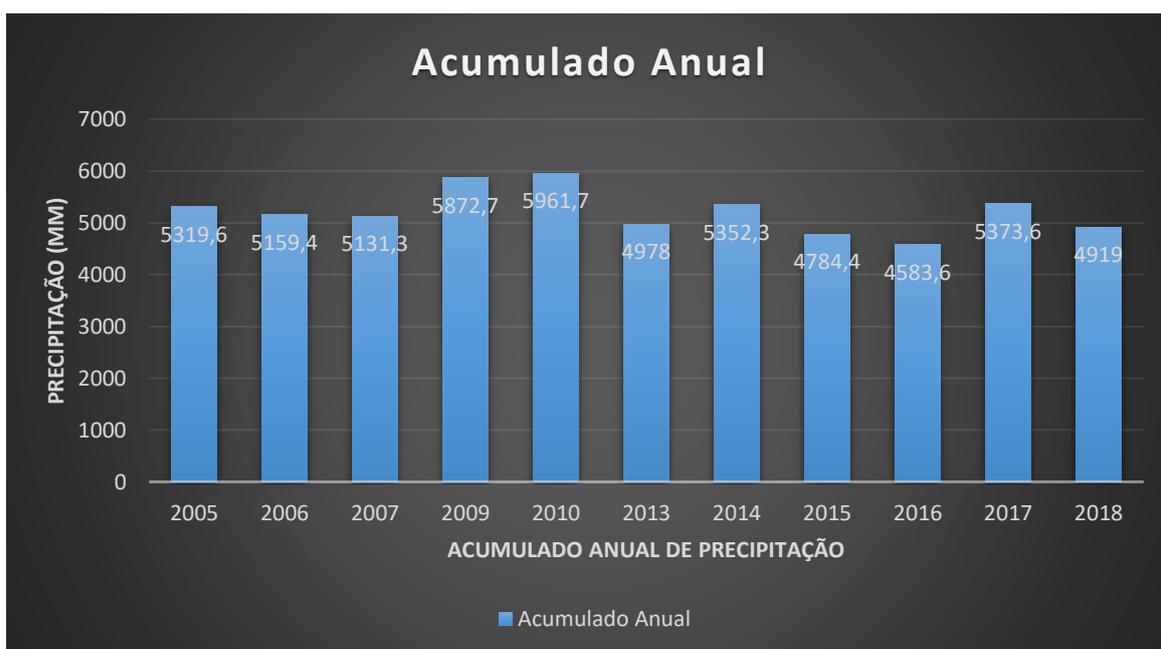


Figura 5. Gráfico de Precipitação Anual do Município de Caetés

Os dados de precipitação anual apresentadas no gráfico a baixo corroboram para afirmação dos entrevistados que relataram ter ocorrido redução dos índices de chuva após implantação dos aerogeradores na área estudada, e concordam com Nazir *et al.* (2019), pois segundo ele, dependendo do tamanho do parque eólico pode haver redução de chuvas e variação do clima local.

No entanto, essa alteração climática só poderá ser comprovada através de registros meteorológicos ao longo de muitos anos (CUNHA e VECCHIA, 2007), pois segundo Tavares (2004), a variabilidade climática é fruto das características dinâmicas da circulação atmosférica e está estreitamente vinculada à concepção de intervalo de recorrência. Outros fatos também devem ser considerados em relação aos baixos índices de chuva, intensificados a partir do ano de 2012, como por exemplo a seca que começou em 2012 e se intensificou em 2015 e que segundo Marengo *et al.* (2016), é considerada a mais grave das últimas décadas. E o fenômeno El Niño, responsável por ventos hidrometeorológicos que provocam mudanças na temperatura, direção e

velocidade dos ventos, é um evento irregular que ocorre a cada dois ou sete anos, e segundo Confaloniere (2003), foi responsável pelo baixo índice de chuvas no Brasil, quando ocorreu entre os anos de 1986 e 1987.

3.3 NDVI

Quanto aos Índices de Vegetação por Diferença Normalizada, para o ano de 2010 a maior parte da área do município de Caetés apresentou valores entre 0,5 e 0,7, que de acordo com a Tabela 1, intervalos de 0,29 a 0,69 (na tabela 1, apresentado como vegetação perenifólia), apresentam índice de vegetação alto. Outra grande parte da área apresentou índice igual a 0,2, (na tabela 1, apresentado como vegetação semidecídua) que é classificado como vegetação moderada. Outra parte do município apresentou NDVI de 0,06 (na tabela 1, classificado como vegetação decídua mais densa), que indica índice de vegetação baixo. Poucos pontos apresentaram índice de vegetação iguais ou inferiores a 0 (na tabela 1, entre as classes 1 e 3), que indicam corpos d'água, áreas sem vegetação e vegetação decídua menos densa.

Para o ano de 2016, a maior parte da área do município de Caetés, apresentou índice de vegetação igual a 0,2, indicando vegetação moderada (classe 5 na tabela 1, indicando vegetação semidecídua). Há alguns pontos com valores de 0,4, indicando alta taxa de vegetação. Pequenas áreas com valores de 0,5 a 0,7, indicando NDVI alto e uma grande parte da área com valores de 0,07 que indica baixo índice de vegetação ou vegetação decídua mais densa. No entanto, por estar em um período seco e posterior ao evento de El Niño, os baixos valores de vegetação constatados com NDVI já eram esperados, pois com o baixo índice de chuvas, a vegetação de caatinga tem como característica a perda de folhas, logo, a resposta espectral do solo e vegetação serão muito próximos (Figura 6).

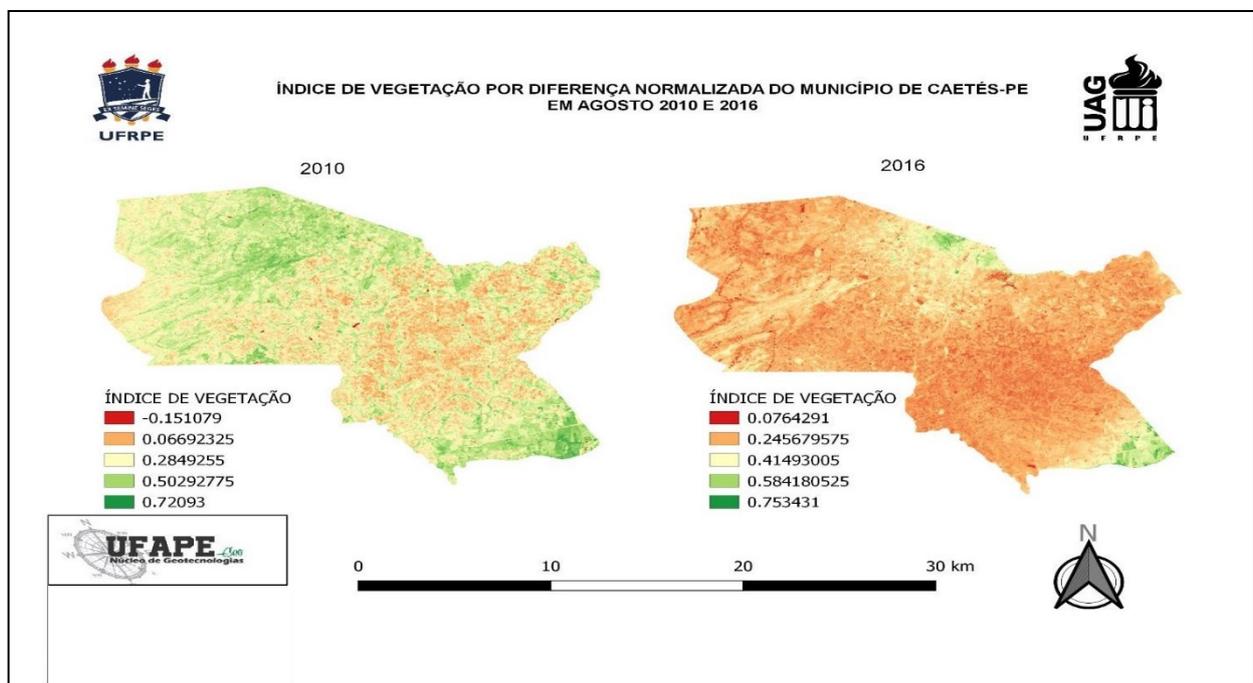


Figura 6. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada do Município de Caetés-PE para o mês de agosto dos anos de 2010 e 2016.

As imagens de satélite baixadas para o cálculo de NDVI foram do mês de agosto para ambos os anos, sendo posterior à época chuvosa da região que ocorre até meados de junho, pois as imagens do mês de agosto apresentavam poucas nuvens, o que possibilitava o uso do software para cálculo de NDVI. Para o ano de 2010, que entre os anos de análise de média pluviométrica foi o que apresentou índices de chuva mais altos, também apresentou Índices de Vegetação, em sua maioria, correspondente a alta taxa de vegetação.

O ano de 2016 apresentou no geral a menor média de precipitação e consequentemente os menores valores de Índice de Vegetação, segundo Belém e Rodrigues (2017), a cor aplicada nos resultados apresenta valores mais baixos para superfície de água e solos expostos, ou cobertura vegetal com menos taxa de fotossíntese, enquanto, os valores mais altos representam formações vegetais arbóreas/arbustivas, e como no geral o ano de 2016 apresentou os menores índices de chuva, a pouca vegetação pode ser uma combinação da baixa taxa de clorofila e fotossíntese, e também o desmatamento para implantação das torres de aerogeradores, pois as imagens correspondem também ao período de início de funcionamento do segundo complexo eólico na região.

Os benefícios do aproveitamento dos ventos para geração de energia são inegáveis bastante divulgados no meio científico, mas essa fonte energética pode também gerar problemas ambientais em um habitat ou em uma comunidade, uma vez que o impacto ambiental das turbinas eólicas é ainda um assunto controverso e que não deve ser ignorado. Os impactos hoje considerados pequenos podem ter efeitos desastrosos no futuro, se for considerado que a energia eólica tem potencial de ser uma das principais fontes de energia (AZEVEDO et al, 2017).

Estudos relatam que a geração de energia eólica pode apresentar impactos ambientais desfavoráveis assim como toda tecnologia energética. Dentre estes impactos podem ser citadas, mudança significativa na paisagem (impactos visuais), poluição sonora, interferência eletromagnética, mudanças no clima, aumento do efeito estufa (insignificante comparado a outras fontes) e danos à fauna. Podendo algumas destas características ser significativamente minimizadas e até mesmo eliminadas com planejamento adequado e inovações tecnológicas (WANG et al, 2017).

Foram relatados aumento de temperatura nos Estados Unidos, mais especificamente na região centro-oeste do Texas (ZHOU et al., 2012), efeitos de resfriamento durante o dia e efeitos do aquecimento à noite para grandes parques eólicos também foram verificados (ROY e TRAITEUR, 2010), as turbinas eólicas podem acarretar morte e perturbação a aves, o principal motivo são colisões com turbinas, cabos ou outras estruturas componentes do parque (DREWITT e LANGSTON, 2006), desmatamento e consequentes erosões além de infiltração do óleo do canteiro de obras nos solos (DAI et al., 2015). Consequências diretas aos moradores também são relatadas, estudos demonstram que o ruído é o que mais incomoda as pessoas que residem próximo aos parques (PERDESEN et al., 2004), podem ainda causar interferências eletromagnéticas,

dificultando a comunicação e transmissão de dados como por exemplo uso de aparelhos telefônicos, e recepção de sinal de tv e rádio. Neste caso as interferências vão variar de acordo com as especificações geográficas do local e com o material utilizado no aerogerador (RICOSTI, 2011; PINT et al, 2017).

Muitos países demonstraram interesse em utilizar a energia eólica, mas estão preocupados com os impactos ambientais dos parques eólicos. O crescimento contínuo da indústria de energia eólica em muitas partes do mundo, especialmente em alguns países em desenvolvimento e regiões ecologicamente vulneráveis, exige uma compreensão abrangente dos impactos ambientais causados pelos parques eólicos (DAI *et al.*,2015)

4. CONCLUSÕES

Com análise do gráfico das médias anuais de precipitação, onde foi observado o ano de 2010 com maior média de pluviosidade e o ano de 2016 com menor média analisada entre as médias dos anos escolhidos para análise, foi possível observar concordância nos relatos dos moradores da área onde estão implantados os complexos eólicos Ventos de Santa Brígida e Ventos de São Clemente, que relataram ter havido redução dos índices de chuva desde a implantação dos aerogeradores, com os dados de precipitação obtidos no portal da APAC, mostrando que realmente houve redução dos índices de chuva após instalação dos parques eólicos no município de Caetés.

Quanto aos valores dos Índices de Vegetação para o ano de 2010 que foram no geral altos e superiores aos índices de 2016, pode-se justificar e relacionar com os dados de precipitação, pois, sendo que houve elevado índice de chuva durante o ano é normal que houvesse também altos Índices de Vegetação. O mesmo vale para o ano de 2016, que apresentou valores baixos quanto ao Índice de Vegetação como consequência dos baixos índices pluviométricos ocasionados pelo longo período de estiagem agravado pelo evento El niño.

Com base nos resultados das análises de gráficos de precipitação, de imagens NDVI, dos relatos de moradores da área de estudo e literatura consultada, pode-se afirmar que, houve redução dos índices de chuva no Município de Caetés após instalação de parques eólicos, no entanto, vários fatores contribuíram para isto, podendo, a instalação dos parques eólicos serem considerados apenas como fator agravante, e de todo modo para constatar mudança climática no município serão necessários dados de um período de longos anos desde a implantação dos parques para fazer comparativo com períodos anteriores a instalação dos mesmos.

AGRADECIMENTOS

A Unidade Acadêmica de Garanhuns/Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo fornecimento do transporte para a cidade de Caetés. A prefeitura do município de Caetés por fornecimento do carro para visita as propriedades dentro do município. Aos moradores que colaboraram com as entrevistas. Aos estudantes de graduação Antônio Paulo, Danilo Noronha, Eduarda, Lucas Talvane, Clayton e estudantes de

pós-graduação Romário Nunes e Raphael Pessoa pela ajuda na aplicação das entrevistas. Ao Núcleo de Georreferências na pessoa de Mário Melquiades pela confecção dos mapas de localização e índice de vegetação que compõem este trabalho. Aos Órgãos financiadores da Chamada MCTIC/MEC/SEAD-CASA CIVIL/CNPq Edital N°21/2016 PROC.402798/2017-1, pelo apoio financeiro para desenvolvimento do Projeto de Manutenção do Centro Vocacional Tecnológico em Produção Orgânica – CVT.

5. REFERÊNCIAS

- Araripe, M. S, M. A, L. (2019). Casa dos Ventos inaugura o maior complexo eólico de Pernambuco. Casa dos Ventos. Disponível em:< <http://casadosventos.com.br>>, acesso em 08 de agosto de 2019.
- Azevedo, J. P. M.; Nascimento, R. S.; Schram, I. B. (2017). Energia eólica e os impactos ambientais: Um estudo de revisão. *Revista Uningá*, (51)1, p. 101-106.
- Belem, A. L. G.; Rodrigues, R. M. (2017). Potencialidade do NDVI para mapeamento do estado de conservação em APP nas BH dos Rios Butuí e Icamauã. Os desafios da Geografia Física na fronteira do Conhecimento, XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, p. 534-542.
- Carvalho, A.P.F.; Júnior, O.A.C.; Guimarães, R.F.; Martins, E.S; Rocha, V.M.S.; César, C.S. (2002). Análise multitemporal de imagens NDVI em ações de reforma agrária. *Revista Espaço Geografia*, (5)1, p.139-152.
- Cashmore, M.; Rudolph, D.; Larsen, S. V.; Nielsen, H. (2018) International experiences with opposition to wind energy siting decisions: lessons for environmental and social appraisal. *Journal of Environmental Planning and Management*, <https://doi.org/10.1080/09640568.2018.1473150>, p 1-24.
- Conceição, R. S.; Pereira, L. B.; Veiga, A. J. P. (2016) Análise da temperatura do ar, precipitação, evapotranspiração, déficit e excedente hídrico em Vitória da Conquista-BA, de 1961 a 1990. *Revista Eletrônica Geoaraguaia, Barra das Graças-MT*, (6)1, p. 71-83.
- Confalonieri, U.E.C. (2003) Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Fundação Oswaldo Cruz, Terra Livre São Paulo Ano 19 - vol. I - n. 20 p. 193-204.
- Cunha, D. G. F.; Vecchia, F. (2007) As abordagens clássica e dinâmica de Clima: Uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade Climática. *Ciência e Natura*, (29) 1, p.137-149.
- Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W. N., & Huang, Z. (2015) Environmental issues associated with wind energy—A review. *Renewable Energy*, (75), p. 911-921.
- Danni-Oliveira, I. M., & Mendonça, F. (2007) *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Drewitt AL, Langston RH (2006). Assessing the impact of wind farms on birds. *Ibis*, (148), p. 29- 42.
- Holanda, A. S.; Guerra, C. E. (2010) Monitoramento da vegetação da Região do Eixo-Forte no município de Santarém-PA utilizando imagens dos índices de vegetação NDVI e NDWI. III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.
- Lima, C. A. A.; Reis, P. F. I.; Santos, E.; Santos, P. R. S. (org.). (2015) *Legislação ambiental aplicada à implantação de parques eólicos*. Centro de Tecnologia do Gás e Energias Renováveis-CTGAS-ER, 2016.Loureiro, C. V.; Gorayeb A.; Brannstrom C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. *Geosaberes*, (6)1, p. 24-38, Fortaleza.
- Manzini, E. J. (2012) *Uso da entrevista em dissertações e teses produzidas em um programa*

de pós-graduação em educação. Revista Percurso – NEMO, v. 4, n. 2, p. 149- 171.

Marengo, J.A; Cunha, A. P; Alves, L.M. (2016). A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. Revista Climanálise.

Mendonça, F.; dann-oliveira, I. M (2007) Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto.

Miller, L. M.; Keith, D. W. (2018) Climatic Impacts of Wind Power. Joule, (2)12, p.2618-2632.

Nazir, M. S.; Mahdi, A. J.; Bilal, M.; Sohail, H. M.; Ali, A.; Iqbal, H. M. N. (2019). Environmental impact and pollution-related challenges of renewable wind energy paradigm – A review. Science of the Total Environment, (683), p. 436-444.

Pedersen E.; Persson, W. K. (2004) Perception and annoyance due to wind turbine noise-a dose-respond relationship. Acoust Soc Am v. 6, p. 60-70.

Pinto, L. I. C.; Martins, F. R.; Pereira, E. B. O (2017) mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science, (12) 6, p. 1082-1100.

Poupart, J. A (2008) entrevista de tipo qualitativo: considerações epistemológicas, teóricas e metodológicas. A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos, (2) p. 215- 53.

Rea, L. M.; Parker, R. A. (2000) Desenvolvendo perguntas para pesquisas. Tradução Nivaldo Montigelli Jr. Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução. São Paulo: Pioneira, p. 57-75.

Roy, S. B.; Traiteur, J. J. (2010) Impacts of wind farms on surface air temperatures. Proceedings of the National Academy of Sciences, (107)42, p. 17899-17904.

Silva, E.G. (2014) O desenvolvimento da indústria de energia eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. Cadernos Adenauer XV, (1)3, p. 57-72.

Silva, N. S.; Rabelo, D. R. (2016) Os impactos ambientais decorrentes da implantação dos

Parques Eólicos Volta do Rio (Acará) e Cajucoco (Itarema) no litoral Cearense. REGNE, (2) especial, p. 1336-1346.

Barbosa, A. H. S; Carvalho, R. G.; Camacho, R. G. (2017) V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre–Estado do Rio Grande do Norte. Revista do Departamento de Geografia, (33), p. 128-143.

Silva, S. A. C. (2018). Impactos e percepções socioeconômicas da construção e funcionamento do parque eólico na região de Serra do Mel/RN. UFERSA, Mossoró.

Tavares, A. C.; Vitte, A. C.; Guerra, A. J. T. (2005) Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Mudanças Climáticas, Rio de Janeiro, 2004. USTRNULL, Z. CZEKIERDA, F. Application of GIS for the development of climatological air temperature maps: an example from Poland. Meteorological Application, (12)1, p. 43-50.

Wang, C.; Prinn, R. G. (2010) Potential climatic impacts and reliability of very large-scale wind farms. Atmospheric Chemistry and Physics, (10) 4, p. 2053-2061.