

IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E ESTIMATIVA DAS PERDAS AMBIENTAIS EM UM SETOR DO LITORAL OESTE DO CEARÁ, BRASIL¹

RESUMO

O Brasil, possuidor de uma matriz energética hidráulica, vem aderindo a outras fontes de energia renovável, sendo a principal a indústria eólica. O estado do Ceará, região nordeste do país, conta hoje com um potencial de geração eólica de 26,2 GW, no entanto, essa modalidade quando instalada sobre ambientes costeiros acarreta impactos socioambientais. Objetivando analisar esta problemática, este estudo traz uma estimativa das perdas ambientais provocadas por esta atividade no município de Acaraú, litoral oeste do Ceará. Para sua realização, foram feitos trabalhos em campo, levantamento documental e análise de imagens de satélite. O estudo evidenciou impactos negativos, como desmatamento do mangue, alterações nas morfologias de praias e desarticulação da dinâmica ambiental litorânea. Verificou-se, no entanto, a viabilização econômica, social e ambiental dessa atividade por meio de sua alternativa locacional, aproveitando os tabuleiros pré-litorâneos, regiões mais elevadas, de maior estabilidade geomorfológica, localizadas à retaguarda dos campos dunares.

Palavras-chaves: Parques eólicos, impactos ambientais, litoral.

ABSTRACT

Brazil, which relies on hydroelectric power, has developed other sources of renewable energy, mainly wind power. The state of Ceará, in the northeastern region, has a potential wind power of 26.2 GW; however, this form of energy production, when installed on coastal plain environments, creates social and environmental impacts. Aiming to analyze this problem, this study provides an estimate of the environmental losses caused by this activity in the municipality of Acaraú, west coast of Ceará. We conducted field work, survey of documents, and analysis of satellite images. The study revealed negative effects such as the removal of mangrove vegetation, changes in morphologies of beaches and dismantling of coastal environmental dynamics. Sustainable development of this wind power, including economic, social and environmental metrics, is possible in an alternative location that would take advantage of the tabuleiros (flat uplands) where geomorphological stability is greater compared to the leeward of sand dunes.

Keywords: Wind farms, environmental impacts, coastal.

RÉSUMÉN

El Brasil, que posee una matriz energética hidráulica, se ha adherido a otras fuentes de energía renovable, la principal es la industria eólica. El estado de Ceará, situado en el nordeste del Brasil, tiene un potencial eólico de 26,2 GW, sin embargo, esta modalidad de producción de energía, cuando se instala en las llanuras costeras causa impactos sociales y ambientales. Con el objetivo de analizar este problema, este estudio proporciona una estimación de las pérdidas ambientales causadas por esta actividad en el municipio de Acaraú, costa oeste de Ceará. Se hicieron trabajo de campo, investigación documental y un análisis de imágenes de satélite. El estudio reveló efectos negativos, como deforestación de manglar, los cambios en las morfologías de las playas y desarticulación de las dinámicas ambientales costeras. Se encontró, sin embargo, la viabilidad económica, social y ambiental de esta actividad a través de su alternativa de ubicación, aprovechando las tabuleiros, regiones más altas, de mayor estabilidad geomorfológica, ubicada en parte trasera de las dunas de arena.

Palabras clave: Parques eólicos, impactos ambientales, costa.

Caroline Vitor Loureiro -
Doutoranda do Programa de Pós-
Graduação em Geografia da
Universidade Federal do Ceará (UFC)
– carolinevitor@hotmail.com -
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Adryane Gorayeb – Doutora em
Geografia pela Universidade Estadual
Paulista (UNESP). Professora Adjunta
e Coordenadora da Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal do
Ceará (UFC) –
adryanegorayeb@yahoo.com.br -
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Christian Brannstrom – Doutor em
Geografia pela Universidade de
Wisconsin – Madison. Professor da
Texas A&M University System –
cbrannst@geos.tamu.edu - Texas
A&M University System (TAMU)

¹ Pesquisa resultante do Projeto intitulado “Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste: perspectivas para a construção de uma visão integrada da produção de energia “limpa” no Brasil”, financiada pelo Projeto Pesquisador Visitante Especial (PVE's) do Edital 2014 - 3º cronograma da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

INTRODUÇÃO

O elevado custo de produção para geração de energia por fontes já tradicionalmente exploradas tem impulsionado vários países a se voltarem às vantagens da energia eólica. Por ser considerada uma energia renovável e amplamente disponível, muitos incentivos financeiros, a nível nacional, já tem sido direcionados para o seu desenvolvimento.

Embora as primeiras tentativas de geração de energia eólica tenham surgido no final do século XIX, foi somente um século depois, devido à crise internacional do petróleo que marcou os acontecimentos econômicos da década de 1970, que esse tipo de geração de energia foi impulsionado, fazendo com que equipamentos em escala comercial fossem desenvolvidos para o incremento da atividade (ANEEL, 2008).

O Brasil, detentor de uma matriz energética hidráulica, vem incentivando a participação da indústria eólica na geração de energia, contando com o apoio de programas federais de incentivo, à exemplo o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), gerenciado pela Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRAS), instituído pela Lei n. 10.438, de 26 de abril de 2002, e revisado pela Lei n. 10.762, de 11 de novembro de 2003 (BRASIL, 2002). A boa qualidade de vento no litoral nordestino atrai investimentos estrangeiros para parques eólicos, subsidiados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, e fábricas para construir alguns componentes (Juárez et al. 2014).

Segundo dados da Global Wind Energy Council (GWEC, 2015) o Brasil é um dos mais promissores mercados para energia eólica e ocupa no ranking global a décima posição em termos de capacidade instalada. O Estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, conta hoje com um potencial real de geração eólica de 26,2 GW, distribuídos entre o litoral, interior (*on-shore*) e a certa distância da costa (*off-shore*) (ADECE, 2010), embora este último ainda não possua unidades de exploração. Representa o maior potencial competitivo para a instalação dessa atividade e foi o pioneiro na utilização comercial da energia eólica no Brasil.

No entanto, essa modalidade quando instalada sobre ambientes componentes da planície litorânea acarreta impactos ambientais como o desmatamento da vegetação existente nas dunas fixas, o soterramento de dunas pelas atividades de terraplanagem, o soterramento de lagoas interdunares, ocupação de áreas de apicum, e cortes e aterros nas dunas fixas e móveis, o que desencadeia mudanças no nível hidrostático do lençol freático, como relatam trabalhos já desenvolvidos por Meireles (2008), Freitas (2012) e Lima (2008).

As variáveis ambientais representam um aspecto, entre vários outros fatores, que podem gerar reações negativas aos parques eólicos (PASQUALETTI, 2011). Brown (2011) descreve o conflito entre a comunidade de Cumbe e a empresa de energia eólica, argumentando que a oposição não é estética, mas é resultado dos custos colocados nos moradores locais pobres.

Buscando trazer uma conformidade entre o processo de instalação de parques eólicos e as condições dos ambientes selecionados para tal, este estudo busca analisar a implantação de energia eólica em Acaraú, litoral oeste do Ceará, e estimar as perdas ambientais nos setores ocupados por esta atividade no município.

A análise irá auxiliar outros estudos que se propõem a discutir a sustentabilidade ambiental da implantação dos equipamentos necessários para a exploração dessa matriz energética, pois avalia os diferentes elementos ambientais alterados pela atividade.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**MÉTODO DE AVALIAÇÃO PARA A INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS**

Para se estimar as perdas ambientais geradas pela implantação de parques eólicos no município de Acaraú, Ceará – Brasil tomou-se como parâmetros de avaliação os elementos apontados por Ruiz e Serrano (2008) para se valorar os impactos ambientais decorrentes dos mecanismos de exploração da matriz energética eólica.

Ruiz e Serrano (2008) avaliam que para a instalação de parques eólicos é necessário, em primeiro lugar, analisar a sensibilidade dos territórios frente à atividade citada, considerando diversas variáveis que informam a incidência real que a atividade pode causar sobre o meio. Esta sensibilidade depende dos valores intrínsecos da área e sua vulnerabilidade frente à perturbação.

De acordo com os autores supracitados, os critérios para valorar os impactos ambientais significativos são: 1- Impactos sobre o solo: destruição total ou parcial do solo gerados pelo trabalho de preparação do terreno para a instalação da atividade; compactação do solo gerada pela utilização de máquinas pesadas; erosão do solo, consequência da eliminação da cobertura vegetal. 2 – Pediente: as inclinações do terreno representam risco de erosão. 3 – Vegetação: afetada na etapa pré-operacional dos trabalhos de retirada da vegetação para ocupação física do terreno com a construção de plataformas e caminhos de acesso. 4 – Fauna: destruição de habitats naturais. 5 – Patrimônio arqueológico e geológico: não são compatíveis para a instalação de Parques. 6 – Paisagem: passa a ser um dos principais impactos ambientais que a implantação ocasiona ao seu entorno; afeta a superfície terrestre, sistemas de drenagem e vegetação.

A aplicação do esquema de Ruiz e Serrano (2008) é descritiva, não quantitativa, criando subsídios para análises futuras que possam quantificar os impactos sugeridos, por exemplo, com a introdução de variáveis ambientais que possam quantificar os impactos.

Procedimentos Técnicos

O levantamento e avaliação dos critérios foram feito por meio de análise de estudos já existentes sobre a área, levantamento documental na biblioteca da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) acerca dos empreendimentos eólicos instalados e em processo de instalação, visitas em campo, entrevistas informais e interpretação de imagens de satélite.

O ESTADO DO CEARÁ E A GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

O estado do Ceará não se diferencia da característica geral do país de dependência de energia proveniente das hidroelétricas, e, segundo a ADECE (2010), até uma década atrás, era totalmente dependente dessa fonte, chegando a comprar 99% do que consumia de energia. Devido ao fato do estado não possui hidroelétricas, essa condição representava um custo de transmissão elevado.

A matriz energética do Ceará, quase completamente hidroelétrica, vinha das usinas da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) de Xingó I e II, com uma distância de mais de 1000 km de linhas de transmissão até atingir a ponta de consumo (ADECE, 2010). Esse quadro começou a ser modificado quando levantamentos e estudos começaram a dar suporte e motivar a exploração comercial da energia eólica no país, principalmente em sua zona costeira, na década de 1990.

Em 2003, a ANEEL publicou o mapa de potencial brasileiro para a produção de energia eólica, onde definiu para a zona costeira do nordeste brasileiro uma larga faixa ultrapassando e à retaguarda dos campos de dunas, com excelente potencial para a implantação de usinas eólicas.

Os primeiros estudos foram feitos na região Nordeste, principalmente nos estados de Ceará e Pernambuco. Com o apoio da ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), publicou em 1998 a primeira versão do Atlas Eólico da Região Nordeste. Esse estudo apontou no Ceará a área de planície costeira, devido sua condição topográfica plana, como a mais propícia para a implantação e expansão dessa matriz.

Dentre os estados brasileiros, o Ceará tem uma das maiores vantagens competitivas, pois possui uma plataforma continental rasa, com média de 8m de profundidade em aproximadamente 35% de sua faixa litorânea. Essas características reduzem custos na instalação de uma usina, facilitam sua manutenção e sua durabilidade (*time life*) (ADECE, 2010).

Esses dados e condições têm atraído olhares e incentivos estatais, em particular, nos últimos anos, fazendo com que o estado tenha sido contemplado pelo PROINFA que proporcionou a consolidação do polo de desenvolvimento eólico no estado.

O Ceará, pioneiro na utilização comercial da energia eólica no Brasil, até o ano de 2013 representava 68% do parque eólico nacional, mas pela primeira vez, foi superado por outro estado da federação na capacidade instalada desta modalidade energética. De acordo com o Boletim das Usinas Eólicas divulgado pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2014), o estado do Rio Grande do Norte assumiu no final do ano de 2014 a liderança nacional em energia eólica.

No entanto, esta atividade econômica em expansão no país é reconhecida pela Agência Nacional Reguladora como geradora de alguns impactos socioambientais, dentre eles destacam-se os sonoros e os visuais. A ANEEL (2008) cita, ainda, que a possível interferência nas rotas de aves deve ser devidamente considerada e avaliada nos estudos e relatórios de impactos ambientais (EIA/RIMA).

Os impactos sonoros decorrem do ruído dos motores e variam de acordo com as especificações dos equipamentos (ARAÚJO, 2000). Os impactos visuais também são reconhecidos, pois o número considerável de torres eólicas altera a paisagem natural e afeta o potencial paisagístico do litoral, sobretudo nos estados que exploram o turismo de forma intensa, como os próprios Ceará e Rio Grande do Norte.

Lima (2008) avalia que o uso de áreas para a construção de empreendimentos de geração de energia eólica ameaça a preservação de campos de dunas móveis e fixadas por vegetação na zona costeira do Ceará. Neste contexto, as comunidades humanas onde os empreendimentos são implantados se deparam com o fato que as empresas deixam de apresentar alternativas locais e os órgãos ambientais de exigilas.

Porto *et al.* (2013, p.50), avaliam que, quanto aos impactos ambientais associados à energia eólica, geralmente, são mencionados os “[...] impacto visual, ruído audível, interferência eletromagnética, ofuscamento e danos à fauna, ainda que em pequena escala”. E enfatizam que, apesar das vantagens decorrentes, por proporcionar menor impacto ambiental se comparado com outras modalidades de geração de energia, a sua instalação e operação também pode gerar conflitos e injustiças ambientais, uma vez que é necessária a apropriação de grandes extensões territoriais. Brown (2011)

ênfatiza os vários impactos negativos locais que sustentam um movimento social em oposição aos parques eólicos no litoral cearense.

Torna-se necessário avaliar a sensibilidade dos locais para a instalação dos parques eólicos observando a incidência real da atividade sobre o meio, ou seja, estimando as perdas ambientais frente à atividade, bem como sua possível interferência no modo de vida das populações locais.

ÁREA DE ESTUDO

O município de Acaraú, com uma população de aproximadamente 57.551 (IBGE, 2010), está localizado no litoral oeste do estado de Ceará, situado na latitude 2° 53' 08" sul e longitude 40° 07' 12" oeste, o que lhe confere a predominância de um Clima Tropical quente semiárido brando. As temperaturas chegam a variar entre 26°C e 28°C e a pluviosidade média é de 1.139,7mm anuais com chuvas que se concentram no primeiro semestre do ano, nos meses de janeiro a abril (IPECE, 2014).

Os solos da região são predominantemente os Neossolos flúvicos, Gleissolos e Argissolos Vermelho-Amarelo, onde se desenvolve uma vegetação nativa já bastante alterada, como o Complexo Vegetacional da Zona Litorânea, a Floresta Mista Dicotillo-Palmácea e a Floresta Perenifólia Paludosa Marítima, conforme classificação de Pereira e Silva (2007). Em relação à geomorfologia, destacam-se as planícies e formas litorâneas, composta de praias, faixa de pós-praia, planície fluviomarinha e dunas, e pelos tabuleiros pré-litorâneos da Formação Barreiras (MEIRELES, 2007). No sul do município também há a ocorrência da depressão sertaneja, unidade com maior expressão no Ceará (MEIRELES, 2007).

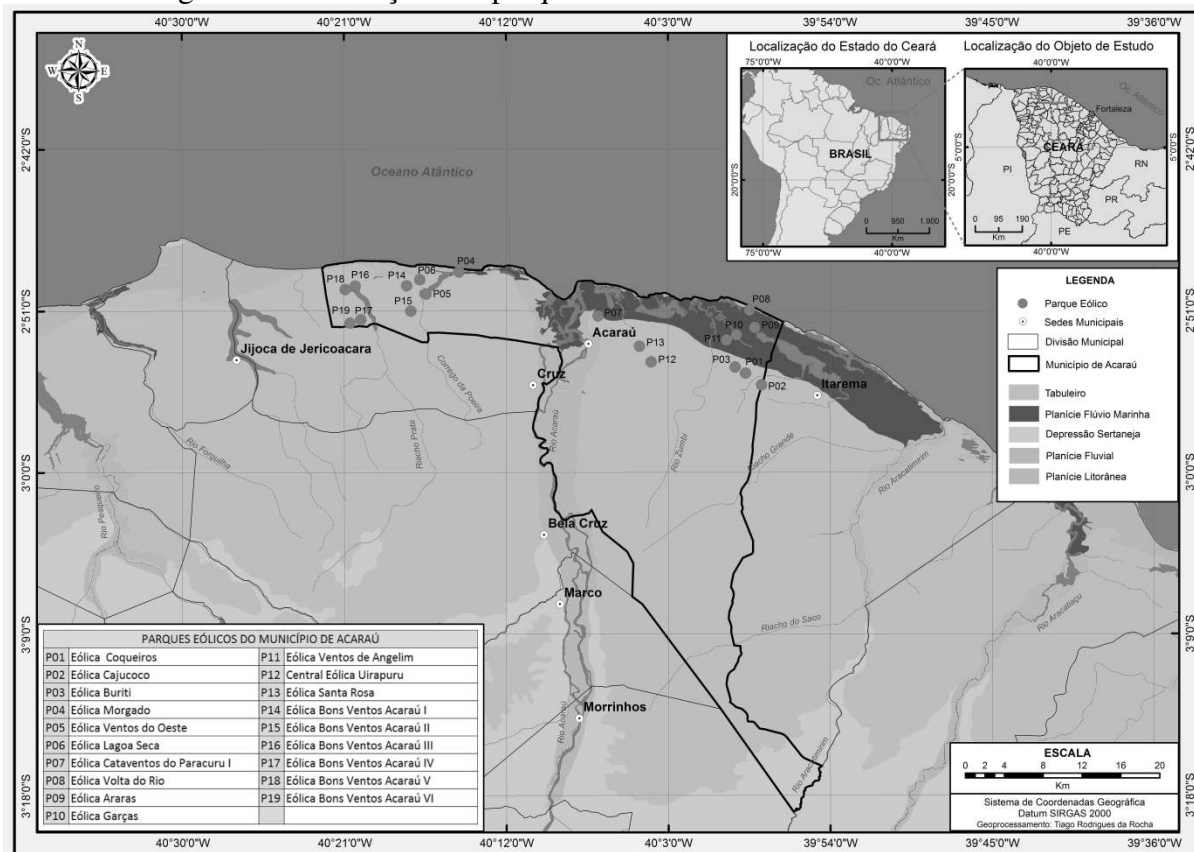
A junção desses fatores físicos, aliado ao elevado potencial eólico da região tem propiciado a expansão de parques eólicos em Acaraú, onde foram identificados quatorze parques instalados ou em processo de licenciamento e instalação, assentados sobre a planície litorânea, planície fluvial, planície fluviomarinha e tabuleiros (Fig. 1).

Os primeiros parques eólicos instalados no município de Acaraú tiveram suas licenças requeridas nos órgãos ambientais entre os anos de 2008 e 2011: Parques eólicos da Praia do Morgado (28,8 MW) e Volta do Rio (42,4 MW), ambos na planície litorânea, ocupando respectivamente áreas de 366 ha e 377,62 ha.

Meireles (2008) aponta que os tabuleiros pré-litorâneos mostraram-se como alternativa para a implantação e a operação dos aerogeradores, desde que submetidos a um rigoroso estudo de impactos ambientais.

Neste estudo, tal alternativa é fundamentada no conhecimento e estudo da Ecodinâmica dos ambientes definida por Tricart (1977) que determinou três tipos de ambientes de acordo com a intensidade dos processos, sendo eles os meios *estáveis* onde predominam os processos pedogenéticos, *intergrades* que apresenta equilíbrio entre pedogênese e morfogênese, e fortemente *instáveis* com predominância da morfogênese.

Figura 1: Localização dos parques eólicos instalados em Acaraú.



Conhecendo a dinâmica dos ambientes, observam-se as diferenças de suscetibilidade de surgimento de desequilíbrios no funcionamento dos mesmos frente à introdução de novos elementos no sistema, como as diversas formas de intervenções humanas, o que nos permite reconhecer, segundo o modelo da Ecodinâmica de Tricart (1977), as planícies litorâneas como ambientes instáveis, enquanto que os tabuleiros apresentam-se mais estáveis, portanto, menos susceptíveis às alterações decorrentes das atividades humanas.

No município de Acaraú, o tabuleiro pré-litorâneo tem sido, nos últimos anos, opção locacional das empresas para instalação de parques eólicos, diante de estudos que apontam os impactos ambientais decorrentes da instalação dos parques em áreas de campos de dunas (MEIRELES, 2008; FREITAS, 2012), e, também, atendendo a uma demanda da população local que tem se manifestado contra a instalação desses parques na planície litorânea (IMPISA..., 2010, p. 05).

Essa modalidade de atividade quando instalada sobre ambientes componentes da planície litorânea acarreta mudanças como o desmatamento da vegetação existente nas dunas fixas, o soterramento de dunas fixas pelas atividades de terraplanagem, o soterramento de lagoas interdunares, cortes e aterros nas dunas fixas e móveis, o que desencadeia mudanças no nível hidrostático do lençol freático o que pode influenciar no fluxo de água subterrânea (MEIRELES, 2008), bem como alterações nos fluxos e dinâmicas naturais.

Os Parques eólicos de Buriti (30 MW), Coqueiros (27 MW) e Cajucoco (30 MW) da empresa argentina IMPISA Wind já se encontram instalados predominantemente em área de Tabuleiro, refletindo as mudanças de alternativa locacional desses empreendimentos com vias à minimização de seu impacto ambiental (Tabela 1). Mais outros quatro parques eólicos aguardam licenças para o início da

instalação ou para o funcionamento das atividades no município de Acaraú, conforme revisão e acompanhamento dos Diários Oficiais da União.

Tabela 1 – Localização e unidades geoambientais existentes até março de 2015 nos parques eólicos de Acaraú

Parque eólico	Localidade	Unidades	Área (ha)	Quant. turbinas	Potencial
Central Eólica Coqueiros S/A	Lagoa do Mato/Juritianha	Terraços marinhos; Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial	228	18	27,0 MW
Central Eólica Garças S/A	Espraiado	Terraços marinhos; Planície fluviomarinha; Salgado	126	20	30 MW
Cataventos do Paracuru I (LTDA)	Zona rural	Planície fluviomarinha; Tabuleiros pré-litorâneos	446,13	15	30 MW
Central Eólica Cajucoco S/A	Córrego do Rio	Terraços marinhos; Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial	169	20	30 MW
Central Eólica Burity S/A	Lagoa do Mato	Terraços marinhos; Tabuleiro pré-litorâneo; Planície fluvial	126	20	30 MW
Central Eólica Lagoa Seca S/A	Aranaú	Terraços marinhos; Planície de deflação; faixa de Planície fluvial; e Planície fluviolacustre	308,39	13	19,5 MW
Central Eólica Araras S/A	Espraiado	Terraços marinhos; Planície fluviomarinha; e uma formação de duna móvel	372	20	30 MW
Central Eólica da Praia do Morgado	Aranaú	Planície litorânea; Dunas móveis e semifixas	366	32	28,8 MW
Central Eólica Volta do Rio S/A	Volta do Rio/Juritianha	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial; Planície lacustre; Planície litorânea; Planície fluviomarinha	377,62	28	42,4 MW
Central Eólica Ventos do Oeste	Aranaú	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial; Planície fluviomarinha	125	13	19,5 MW

Fonte: SEMACE (2015)

Em outubro e novembro de 2014, a ANEEL autorizou o Consórcio Ventos de Angelim em Acaraú, com 24 MW de capacidade instalada, a iniciar seus empreendimentos. A empresa deve obter a licença de instalação até agosto de 2016 e sua décima segunda e última unidade geradora tem que estar em operação comercial até dezembro de 2017 (BRASIL, 2014).

O Consórcio Uirapuru, com 28 MW de capacidade instalada, constituída por quatorze unidades geradoras, juntamente com a Eólica Santa Rosa, 20 MW de capacidade instalada, constituída por dez turbinas, também foram autorizadas a se estabelecerem como Produtores Independentes de Energia Elétrica no município (BRASIL, 2014), (Tabela 2).

Tabela 2: Eólicas Ventos de Angelim, Uirapuru e Santa Rosa até março de 2015

Parque eólico	Localidade	Unidades	Área (ha)	Quant. turbinas	Potencial
Eólica Ventos de Angelim	Zona Rural	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial; Planície lacustre	-	12	24 MW
Eólica Uirapuru	Zona Rural	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluvial	-	14	28 MW
Eólica Santa Rosa	Zona Rural	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície fluviolacustre	-	10	20 MW

Fonte: Brasil (2014).

O Parque Eólico Bons Ventos Acaraú, subdividido em seis Parques, também aguarda licenças para o início da instalação e funcionamento da atividade. O Parque conta com um complexo que soma 56 turbinas e ocupa uma área total de 475,69 ha. O

projeto prevê sua construção predominantemente sobre a região de tabuleiros pré-litorâneos, mas alguns setores de ambientes mais instáveis como áreas de planície fluvial, planície lacustre e planície fluviomarinha serão ocupados (Tabela 3) (BRASIL, 2014).

Tabela 3 – Descrição do Parque Eólico Bons Ventos Acaraú até março de 2015

Parque eólico	Localidade	Unidades	Área (ha)	Quant. turbinas	Potencial
Bons Ventos Acaraú	I	Tabuleiros pré-litorâneos; Terraços marinhos	84,24	8	16,8 MW
	II	Tabuleiros pré-litorâneos; Terraços marinhos	61,71	9	18,9 MW
	III	Tabuleiros pré-litorâneos; Planície lacustre; Planície litorânea; Planície fluviomarinha	140,72	11	23 MW
	IV	Tabuleiros pré-litorâneos; Terraços marinhos; Planície fluviomarinha	81,24	8	18,9 MW
	V	Tabuleiros pré-litorâneos; Terraços marinhos; Planície fluviomarinha	74,15	11	23,1 MW
	VI	Tabuleiros pré-litorâneos; Terraços marinhos	33,83	9	18,9 MW
Total			475,69	56	119,6 MW

Fonte: Semace (2015)

Ressalta-se, ainda, que o município de Acaraú por ser possuidor de elevado potencial eólico *off-shore*, segundo a ADECE (2010) um potencial de geração de energia eólica equivalente à produção da maior usina hidroelétrica brasileira, já é vislumbrado por empreendedores para a expansão da geração eólica nesta modalidade, o que demanda o aprofundamento de estudos com vias a mitigação de possíveis impactos.

A IMPLANTAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS E A ESTIMATIVA DAS PERDAS AMBIENTAIS EM ACARAÚ

1 - Impactos sobre o solo:

Observa-se nas áreas de implantação dos parques eólicos, tanto em área de planície costeira, fluviomarinha e tabuleiro, a alteração parcial do solo, resultado do trabalho de preparação do terreno para a instalação da atividade, para a instalação do canteiro de obras e para a abertura de vias de acesso aos aerogeradores.

Essas alterações propiciam a compactação do solo, pois o trabalho é feito com máquinas pesadas como tratores e caminhões na terraplanagem, processos de erosão, consequência da eliminação da cobertura vegetal, e alterações no processo de infiltração e dinâmica do lençol freático (Figura 2).

A percepção dessa alteração se deu nos sucessivos trabalhos de campo para a área, mas sem dados quantitativos, porém embasados nos estudos de Lima (2008) e Meireles (2011) que relacionam os impactos provenientes da compactação de campos dunares. A interferência nos campos de dunas foi apontada pela comunidade como um impacto na paisagem, portanto uma perda do potencial paisagístico da região.

Figura 2 – Compactação do campo de dunas. Eólica Morgado



2 – Pediente, as inclinações do terreno e risco de erosão

A área de implantação dos parques eólicos está disposta sobre as unidades de planície litorânea, tabuleiro pré-litorâneo e setores de planície fluvial e planície fluviomarinha, áreas, predominantemente, com pouca declividade do terreno (Tabela 4).

Tabela 4 – Caracterização da declividade das Unidades

Unidade geomorfológica	Altitude	Declividade
Planície litorânea	0 - 40 m	inferior a 3%
Tabuleiro pré-litorâneo	50 - 125 m	9%
Planície fluvial	3 - 38 m	inferior a 2%
Planície fluviomarinha	40 - 50 m	3% - 6%

Fonte: Diniz *et al* (2008).

A Unidade de planície litorânea, embora apresente declividade inferior a 3%, é demarcada pela formação de dunas móveis, semifixas e fixas, o que sugere a atuação da erosão gravitacional. Essas formações representam ambientes instáveis sob intensa ação eólica e fundamentais para a regulação do aporte de sedimentos na zona costeira, o que ressalta a importância de sua manutenção (Figura 3).

O tabuleiro pré-litorâneo é uma unidade relativamente plana e suavemente ondulada, o que sugere baixas taxas de erosão. Embora seja relativamente plano, nas áreas de transição com a planície fluvial, apresenta 9% de declividade, caracterizando-o como um ambiente com declividade moderada (Figura 4).

Os setores de planície fluvial existentes apresentam declividade inferior a 2%, uma declividade considerada fraca segundo o IBGE (2009), porém bastante instável devido à predominância dos processos morfogenéticos.

A planície fluviomarinha, com declividade predominante menor que 3% e com a presença de alguns trechos com 6%, também possui declividade considerada fraca. O ambiente, no entanto, apresenta intenso processo de instabilidade devido aos processos morfogenéticos.

Predominantemente, o município possui uma média de altitude de 13m e baixas taxas de erosão e declividade. No entanto, a existência de campos de dunas, planícies fluviais e fluviomarinhas ocupadas por parques eólicos alertam para a necessidade da manutenção e não desarticulação de suas dinâmicas naturais.

Figura 3 – Campo de dunas ocupado pelo Parque Eólico Morgado



Figura 4 - Tabuleiros pré-litorâneos em Acaraú



3 – Vegetação

Predominantemente, as áreas do município de Acaraú ocupadas pelos parques eólicos possuem uma vegetação típica de tabuleiro pré-litorâneo e planície costeira (Figuras 5 e 6).

Conforme já evidenciado na observação dos impactos sobre o solo, a área tem sido afetada na etapa pré-operacional dos trabalhos de implantação dos parques com a retirada da vegetação para ocupação física do terreno e construção de plataformas e caminhos de acesso. Esse processo de remoção da vegetação tem acarretado impactos relacionados à erosão dos terrenos.

A análise das imagens *QuickBird* com 0,6m de resolução, selecionadas na interface do *Google Earth®* data, e imagens Landsat 5 e 7 TM, composição R5G4B3 com resolução de 30 m, anos 1985, 1999, 2008 e 2013, disponibilizadas na página virtual do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) auxiliou na identificação do processo de remoção da vegetação de mangue.

Figura 5 - Vegetação de tabuleiro



Figura 6 - Vegetação de dunas



O mangue realiza um grande papel ambiental em abrigar litorais e estuários, servindo como um terreno fértil e berçário para a vida marinha. As comunidades locais podem explorar diretamente os recursos de mangue como meio de subsistência (REIS NETO *et al*, 2011). Em Acaraú é utilizado como local para a realização de atividades de subsistência como a pesca e mariscagem por comunidades inseridas na zona costeira.

Durante a coleta dos dados desse estudo as comunidades relataram o surgimento de dificuldades para a exploração de subsistência dos recursos provenientes do manguezal, pois as empresas eólicas chegam a privatizar os acessos ao ambiente e eliminam parte da vegetação para a construção de vias de acesso aos empreendimentos.

4 – Fauna

O desmatamento em consequência da instalação dos parques eólicos promoveu a supressão dos ambientes com fauna e flora específicas de duna e tabuleiro, bem como a interrupção dos fluxos de matéria e energia com a construção das vias de acesso às turbinas, provocando a destruição de habitats naturais. Essa alteração é evidenciada nos estudos de Freitas (2012) que apontam no município de Acaraú o desmatamento provocado por essa atividade, como responsável pela supressão do ambiente com fauna e flora locais.

5 – Patrimônio arqueológico e geológico

Em Acaraú tem-se registrado apenas um sítio arqueológico na base de dados do IPHAN (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008), não localizado na área de influência direta ou indireta dos empreendimentos eólicos. O diagnóstico de impactos sobre o Patrimônio Arqueológico face a implantação das eólicas em Acaraú, solicitado pelo IPHAN, não identificou registros arqueológicos de superfície (ALBUQUERQUE *et al.*, 2008). O documento relata que a área na qual se desenvolve os empreendimentos não atinge áreas propícias à presença de cavernas de interesse espeleológico relevante.

6 – Paisagem

A alteração da paisagem passa a ser um dos principais impactos ambientais que a implantação dos parques eólicos ocasiona na sua área de instalação e ao seu entorno. Afeta a superfície terrestre, sistemas de drenagem e vegetação, desencadeia perdas na qualidade ambiental, na biodiversidade e provoca alterações na dinâmica ambiental.

Os ambientes de dunas e praia, vislumbrados pela atividade turística, tornam-se artificializados com a presença das torres eólicas e até inacessíveis com a colocação de materiais para resguardar as turbinas da erosão marinha (Figuras 7 e 8).

Sobressaindo à avaliação ambiental, é importante ressaltar que se percebeu, também, que com a construção dos parques ocorre a privatização de facto, não de jure, já que a faixa costeira é propriedade da União, do acesso às praias e a ambientes antes utilizados por populações nativas para a extração de elementos para a sua subsistência, prejudicando o modo de vida tradicional.

Figura 7 – Artificialização da paisagem. Parque Eólico Volta do Rio



Figura 8 – Alteração da paisagem natural. Parque Eólico Morgado



Alternativa locacional e redução dos impactos

Pautando-se na lógica do Desenvolvimento Sustentável e considerando a sua essência, a viabilização econômica, social e ambiental da atividade, avalia-se que a exploração de geração de energia eólica é importante enquanto alternativa energética, porém necessita de ajustes em seu projeto com vistas à redução de seus impactos ambientais. Os incentivos vigentes para a produção dessa modalidade energética representam um atrativo para os empreendedores e, conseqüentemente, uma redução da dependência sobre a energia proveniente das hidroelétricas, vulneráveis aos regimes hídricos.

Ressalta-se, ainda, a possibilidade de complementaridade entre a geração de energia hidrelétrica e a geração eólica, visto que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica (segundo semestre do ano).

Analisando os fatores acima, a geração de energia eólica é importante para o processo de diversificação da matriz energética brasileira, no entanto, os impactos provenientes de sua instalação em ambientes costeiros não podem ser desconsiderados.

No município de Acaraú, os parques localizam-se predominantemente em áreas de planície costeira e fluviomarinha, embora os tabuleiros pré-litorâneos apresentem morfodinâmica mais adequada à essa atividade, quando considerada a ecodinâmica dos ambientes, baseando-se nos estudos de Tricart (1997).

Os tabuleiros bordejam a planície litorânea e caracterizam-se como ambientes mais estáveis e com predomínio dos processos pedogenéticos sendo, assim, mais adequados para a introdução dos demais equipamentos associados às atividades de implantação e operação das usinas. Conforme apontado por Meireles (USINAS..., 2009, p. 18), os tabuleiros litorâneos também possuem elevado potencial eólico, porém são por vezes descartados pelo fato de considerar-se em alguns empreendimentos, exclusivamente, os custos econômicos.

Sugere-se, neste estudo, o reforço à proposta de alternativa locacional desses empreendimentos, aproveitando os tabuleiros pré-litorâneos e evitando a ocupação dos ambientes componentes das planícies costeira e fluviomarinha, evitando alterações nos fluxos de matéria, energia e processos morfogenéticos, mais intensos na zona costeira. Concordamos com Brown (2011, p. 356-7) no sentido de que é possível mitigar os impactos sociais negativos locais pela inclusão das comunidades locais em vários aspectos do planejamento e implementação dos parques eólicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No município de Acaraú, localizado no litoral oeste do estado do Ceará, foram identificados quatorze parques eólicos instalados ou em processo de licenciamento. Percebeu-se que a instalação de parques eólicos na planície litorânea e fluviomarinha evidenciou impactos como a retirada da vegetação de mangue e de praia para a ocupação física dos terrenos com a construção de plataformas e caminhos de acesso, e a desarticulação dos fluxos de matéria e energia, provocados pela interrupção da dinâmica natural ambiental.

Verificou-se, no entanto, pautando-se na lógica do Desenvolvimento Sustentável, a viabilização econômica, social e ambiental dessa atividade por meio de sua alternativa locacional, aproveitando os tabuleiros pré-litorâneos.

Considera-se nesse estudo a importância da diversificação da matriz energética brasileira, sobretudo, com a valorização de fontes alternativas de energia consideradas

limpas. Nesse contexto, vem se destacando a produção de energia eólica aproveitando as condições naturais propícias para seu desenvolvimento em algumas regiões do Brasil, principalmente as litorâneas. Essa produção vem sendo diagnosticada em estudos ambientais como causadora da alteração de funções e serviços desempenhados pelos ambientes litorâneos, desarticulando complexos sistemas naturais.

O que apontamos e ressaltamos é a necessidade de estudos que ofereçam a minimização dos impactos resultantes da geração de energia eólica, para que haja uma escolha menos impactante do local de instalação, evitando perdas ambientais e a geração de impactos sociais. Porém, observa-se quando na escolha dos locais para instalação a valorização dos recursos econômicos em detrimento dos ambientais.

Embora os tabuleiros pré-litorâneos apresentem morfologias mais adequadas para a implantação das usinas eólicas, essas áreas também necessitam de avaliações e diagnósticos socioambientais, pois comumente são áreas já ocupadas por comunidades dependentes dos recursos naturais existentes no território.

Torna-se necessário avaliar a sensibilidade dos locais para a instalação dos parques eólicos observando a incidência real da atividade sobre o meio, ou seja, estimando as perdas ambientais frente à atividade. Possivelmente, o diálogo com as comunidades locais, que frequentemente possuem conhecimento cotidiano dos processos ambientais, pudesse minimizar os impactos ambientais e aumentar a aceitação social e política dos parques eólicos.

A abordagem de Ruiz e Serrano (2008) poderia ser melhorada para ser mais relevante à realidade brasileira, onde existe uma superposição entre a capacidade eólica e as populações humanas marginalizadas economicamente (ou com baixo poder político e econômico). Por exemplo, a abordagem poderia contemplar como as comunidades dependem dos recursos ambientais impactados, considerando a bibliografia sobre *livelihoods* aplicada às regiões costeiras brasileiras (SANTOS e BRANNSTROM, 2015), para chegar a um entendimento mais completo sobre as posturas sociais e políticas das comunidades frente à implantação dos parques eólicos. Também é possível que as categorias contempladas por Ruiz e Serrano (2008) não sejam relevantes às comunidades afetadas pela energia eólica, e que os membros das comunidades tenham outras prioridades ou categorias socioambientais a priorizar.

REFERÊNCIAS

ADECE - Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará S.A. (2010). **Atração de Investimentos no Estado do Ceará**. Mapa Territorial de Parques Eólicos. Fortaleza: ENGEMEP.

ALBUQUERQUE, M.; LUCENA, V.; MACIEL, D. **Diagnóstico de Impacto sobre o Patrimônio Arqueológico**, face a implantação das LT Morgado (69 kV) SE Praia do Morgado à SE Acaraú II; LT Volta do Rio/ Acaraú II (69 kV) – SE Volta do Rio à SE Acaraú II; LT Acaraú-Sobral (230 kV), Subestação SE Acaraú II à Subestação SE Sobral. UFPE: 2008.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica (2008), **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília: Aneel, 3ª ed.

ARAÚJO, M. S. M. **Relatório de análise do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: MDL: estudos de caso**. Rio de Janeiro: COPPE, UFRJ, 2000.

BRASIL. Ministro de Estado de Minas e Energia, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, dispõe sobre o Edital do Leilão nº 10/2013-ANEEL. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 19 mar. 2014. Seção 1, p. 55.

_____. Ministro de Estado de Minas e Energia, no uso das atribuições que lhe confere o art. 87, dispõe sobre o Edital do Leilão n 10/2013-ANEEL. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 out. 2014. Seção 1, p. 677.

_____. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE). **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 abr. 2002. Seção 1, p. 2.

BROWN, K. B. Wind power in northeastern Brazil: Local burdens, regional benefits and growing opposition. **Climate and Development**, v. 3, p. 344-360, jun-out, 2011.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2014). **Boletim das usinas eólicas - nº 011, 2014**. Disponível em: <www.ccee.org.br> Acesso em: 23 abr 2015.

DINIZ, S. F.; MOREIRA C. A.; CORRADINI, F. A. Susceptibilidade erosiva do baixo curso do rio Acaraú-CE. **Geociências**. São Paulo, v.27, n.3, p. 355-367, ago-nov, 2008.

FREITAS, R. J. N. Energia Eólica: Os conflitos socioambientais gerados pela implantação dos parques eólicos no litoral do Ceará. In: Encontro Nacional da ANPPAS, 6., 2012, Belém. **Anais...** Belém: UFPA, 2012, 1 CD-ROM.

GWEC - Global Wind Energy Council (2015). **Doing Business in... Brazil**. Disponível em: <http://www.gwec.net/doing-business-in-brazil-1-june-2015-3pm-cest/> Acesso em: 15 abr 2015.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 12 set 2014.

IMPSA busca licença de instalação. **Diário do Nordeste**, Fortaleza, 01 jun 2010.

Disponível em: < http://diariodonordeste.verdesmares.com.br/cadernos/negocios/impsa-busca-licenca-de-instalacao-1.252594>. Acesso em: 04 jan 2015.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Básico Municipal de Acaraú – 2014**. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2014/Acarau.pdf> Acesso em: 26 jan 2015.

JUÁREZ, A. A.; ARAÚJO, A. M.; ROHATGI, J. S.; OLIVEIRA FILHO, O. D. Q. Development of the wind power in Brazil: Political, social and technical issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, p. 828-834, jul-nov, 2014.

LIMA, M. C. Pesca artesanal, carcinicultura e geração de energia eólica na zona costeira do Ceará. **Revista Terra Livre - AGB**, São Paulo, v. 31, p. 01-16, jul-dez, 2009.

MEIRELES, A. J. A. As unidades morfo-estruturais do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M. S. et al (orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2 ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.

_____. **Impactos ambientais em áreas de preservação permanente (APP'S) promovidos no campo de dunas da Taíba pela usina eólica Taíba Albatroz – Bons Ventos Geradora de Energia S/A**. Parecer Técnico, 2008. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo10/006.pdf>. Acesso em: 12 Set. 2014.

_____. Geodinâmica dos campos de dunas móveis de Jericoacoara/CE-BR **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 169-190, mai-ago, 2011.

PASQUALETTI, M. J. Opposing wind energy landscapes: A search for common cause. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 101, n. 4, p. 907-917, set-dez, 2011.

- PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. Solos e vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C.; SOUSA, M.S. et al (orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. 2ª ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007.
- PORTO, M. F.; FINAMORE, R; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. In: **Revista Crítica de Ciências Sociais**, Coimbra, v. 100, p. 37-64, jan-maio, 2013.
- REIS NETO, A.S.; CUNHA-LIGNON, M.; ARRUDA-REIS, M.C.C; MEIRELES, A.J.A.. The Ceará river mangrove's landscape (northeast Brazil) - comparative analyses of 1968 and 2009. **Journal of Coastal Research**, Szczecin, Poland, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), p. 1802-1805, 2011.
- RUIZ, M. J.; SERRANO, T., M. L. Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica. **Papeles de Geografía**, v. 47, p. 171-183, jan-dez, 2008.
- SANTOS, A.; BRANNSTROM, E C. Livelihood strategies in a marine extractive reserve: Implications for conservation interventions. **Marine Policy**, [doi:10.1016/j.marpol.2015.05.004], v. 59, p. 44-52, 2015.
- SEMACE – Superintendência Estadual de Meio Ambiente do Ceará, **Consultas de Processos de Licenciamento / Autorizações**. Disponível em: <<http://www.semace.ce.gov.br/licenciamento-ambiental/>> Acesso em: 05 de jan. 2015.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.
- USINAS devoradoras de dunas. **O Povo**, Fortaleza, 30 set 2009. Disponível em <<http://blog.opovo.com.br/blogdoeliomar/ambientalista-alerta-parques-eolicos-devastam-e-privatizam-dunas-do-ceara/>> Acesso em 30. jan. 2015.