

## **OS PARQUES EÓLICOS NA ZONA COSTEIRA DO CEARÁ E OS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS**

### ***Wind farms in the Coastal Zone Ceará and environmental impacts associated***

#### **Marcelo Martins de Moura-Fé**

Geógrafo. Doutorando em Geografia (Programa de Pós-Graduação em Geografia – Universidade Federal do Ceará, UFC)  
[mourafe.marcelo@yahoo.com.br](mailto:mourafe.marcelo@yahoo.com.br)

#### **Mônica Virna de Aguiar Pinheiro**

Geógrafa. Doutoranda em Ciências Marinhas Tropicais (Instituto de Ciências do Mar - Labomar – Universidade Federal do Ceará, UFC)  
[monivirna@yahoo.com.br](mailto:monivirna@yahoo.com.br)

### **RESUMO**

A zona costeira do Ceará apresenta-se como um mosaico de paisagens, compondo um quadro natural singular, com diversas feições que se interrelacionam e que caracterizam-se como ambientalmente frágeis. Atualmente, há a necessidade de utilização de fontes alternativas de energia, menos impactantes ao meio ambiente, derivadas da radiação solar, marés, biomassa e energia eólica. Mesmo apresentando características ambientalmente favoráveis, a operação e instalação de parques eólicos derivam em impactos ambientais, os quais devem ser identificados, discutidos, analisados, mitigados e monitorados. Nesta conjuntura, este trabalho objetiva analisar os impactos ambientais associados à implantação de parques eólicos na zona costeira cearense, os quais incidem sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Com essa abordagem se busca contribuir para que o desenvolvimento da energia eólica seja feito de forma controlada e com menos prejuízos para o sistema ambiental, caracterizando-se, de fato, como uma fonte alternativa de energia ambientalmente correta em todos os sentidos. Metodologicamente, utilizou-se a adoção de conceitos e técnicas geográficas de análise do espaço, sobretudo, da Geomorfologia. Associados a este princípio teórico-norteador foram adotadas técnicas de pesquisa subdivididas em três etapas: atividades de gabinete, trabalhos de campo em diversos municípios costeiros do Ceará e atividades complementares realizadas em laboratório.

**Palavras-chave:** Parques Eólicos, Impactos Ambientais, Ceará.

### **ABSTRACT**

The coastal zone of Ceará presented as a mosaic of landscapes, composing a unique natural setting, with several features that are interrelated and that are characterized as environmentally fragile. Currently, there is a need to use alternative energy sources, less impacting to the environment, derived from solar radiation, tides, biomass and wind energy. Even presenting environmentally friendly features, the installation and operation of wind farms derive environmental impacts, which must be identified, discussed, analyzed, mitigated and monitored.

At this juncture, this paper aims to analyze the environmental impacts associated with the deployment of wind farms on the coast of Ceará, which focus on the physical, biotic and socioeconomic. With this approach one seeks to contribute to the development of wind energy is done in a controlled manner and with less damage to the environmental system, characterized, in fact, as an alternative source of energy environmentally friendly in every way. Methodologically, we used the adoption of concepts and techniques of geographical analysis of space, particularly in Geomorphology. Associated with this guiding principle theoretical and research techniques adopted were subdivided into three stages: activities office, field work in several coastal municipalities of Ceará and complementary activities carried out in the laboratory.

**Keywords:** Wind Farms, Environmental Impacts, Ceará.

## **1. Introdução**

A zona costeira do Ceará apresenta-se como um mosaico de paisagens, as quais compõem um quadro natural singular, mesmo no contexto do território brasileiro, mundialmente reconhecido por sua diversidade. Ao longo dos 573 km de linha de costa, o estado do Ceará é pontuado por praias, campos de dunas, sejam elas móveis ou fixas, ilhas barreiras, pontas litorâneas, falésias, estuários de rios e riachos e lagoas enfim, diversas unidades de paisagem que se interrelacionam e se imbricam de forma única.

Todavia, na escala geológica, estas feições naturais são recentes, passando continuamente por processos evolutivos e dinâmicos, mudando suas características morfológicas, muitas vezes, de um momento para outro. Por conta desta característica fundamental, caracterizam-se como paisagens ambientalmente frágeis, sensíveis a todo e qualquer tipo de intervenção que venha a ser feita em seus espaços de ocorrência.

Por outro lado, na ordem do dia está a necessidade de utilização de novas alternativas, ou melhor, de fontes alternativas de energia, menos poluentes, menos impactantes ao meio ambiente, derivadas da radiação solar, das variações das marés, da biomassa e, no caso da região norte do nordeste do Brasil, e do Ceará, particularmente, da força dos ventos, a energia eólica.

A energia eólica ganha espaço na composição da matriz energética brasileira ao apresentar-se desprovida de resíduos em seu processo produtivo, ao passo que sua matéria-prima, o vento entra no sistema, impulsiona os aerogeradores e sai, sem poluir o solo, as águas ou o ar. Soma-se a isso, o fato

de economicamente a produção de energia eólica não despende gastos para aquisição de matéria-prima, os ventos.

Mesmo apresentando características ambientalmente corretas, ou “limpas”, a operação e, sobremaneira, a instalação de parques eólicos na zona costeira derivam em impactos ambientais, os quais devem ser identificados, discutidos, analisados, mitigados e monitorados, na tentativa de harmonizar, minimamente, a relação entre sociedade e natureza. E é nessa necessidade premente que o presente artigo busca se inserir e contribuir.

Nesta conjuntura, este trabalho objetiva analisar os impactos ambientais associados à implantação de parques eólicos na zona costeira cearense, os quais incidem sobre os meios físico, biótico e socioeconômico. Com essa abordagem se busca contribuir para que o desenvolvimento da energia eólica seja feito de forma controlada e com menos prejuízos para o sistema ambiental, caracterizando-se, de fato, como uma fonte alternativa de energia ambientalmente correta em todos os sentidos.

## **2. Materiais e Métodos**

### **2.1. O conhecimento Geográfico e a análise Geomorfológica**

Para realizar a análise dos impactos ambientais, é precedente a etapa de identificação e caracterização das unidades que compõem a paisagem costeira do Ceará, onde houve a adoção de conceitos da Geomorfologia. Para Penteadó (1978), etimologicamente, a Geomorfologia é a ciência que se ocupa das formas de relevo da Terra. Segundo uma breve conceituação de Guerra e Guerra (1997): “Geomorfologia é a ciência que estuda as formas de relevo, tendo em vista a origem, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas”.

### **2.2. Métodos e Técnicas Associadas**

Associados a este princípio teórico-norteador foram adotadas técnicas de pesquisa que possibilitaram o desenvolvimento dos objetivos. As atividades de pesquisa foram subdivididas em três etapas: as atividades de gabinete, os trabalhos de campo e as atividades realizadas em laboratório.

### **2.2.1. Atividades de Gabinete**

A etapa de gabinete se deu com um levantamento bibliográfico detalhado sobre a produção científica associada à evolução geomorfológica e as características gerais e atuais da zona costeira cearense, com ênfase na literatura científica. Tal levantamento também se deteve sobre os aspectos ambientais, correlativos à identificação e análise de impactos ambientais.

Desta forma, realizou-se a conceituação, identificação e análise das unidades que compõem a zona costeira do Ceará (PINHEIRO, 2009; MOURA-FÉ, 2008; ARAI, 2005; CLAUDINO-SALES, 2002, 2005; AB'SABER, 2003; CARVALHO, 2003; BRANDÃO, 1994, 1995; SOUZA, 1988, 1989; BIGARELLA, 1975, dentre outros que serão apresentados abaixo), tendo em vista o conhecimento dos processos de gênese e evolução deste ambiente natural (BLOOM, 1996; CHRISTOFOLETTI, 1981; 1980).

### **2.2.2. Atividades de Campo**

Durante a nossa atividade profissional na co-elaboração de diversos estudos ambientais foram realizados diversos levantamentos de campo, em diversas localidades dos municípios costeiros do Ceará, a saber: Icapuí, Aracati, Beberibe, Cascavel e Aquiraz (litoral leste); Caucaia, São Gonçalo do Amarante, Paracuru, Paraipaba, Trairi, Amontada, Acaraú, Cruz, Jijoca de Jericoacoara, Camocim e Barroquinha (litoral oeste).

O resultado dessa importante etapa é, dentre outros, o de realizar o prognóstico da delicada relação entre projetos de parques eólicos e as feições naturais da zona costeira, embasada nos mapas de zoneamento geoambiental das áreas analisadas.

### **2.2.3. Atividades de Laboratório**

No que diz respeito às atividades de laboratório, foram feitas análises detalhadas dos mapas Geológico do Estado do Ceará e Morfoestrutural do Ceará e Áreas Adjacentes do Rio Grande do Norte e Paraíba (CPRM, 2003), além da utilização de mapas temáticos e pedológicos do Ceará. Também foram utilizadas Imagens do satélite disponíveis no *software Google Earth*.

### 3. Resultados e Discussões

#### 3.1. A Zona Costeira do Ceará e as Unidades de Paisagem

O estado do Ceará está localizado entre os paralelos de 2° 46' e 7° 52' de latitude Sul e os meridianos de 37° 14' e 41° 24' de longitude Oeste. Essa posição geográfica insere todo o seu território na Zona Tropical, com temperaturas elevadas, chuvas irregulares e forte insolação durante a maior parte do ano, condições naturais para o desenvolvimento de diversas feições que permeiam seu território costeiro, as quais são sucintamente apresentadas a seguir.

Inicialmente e literalmente, no contato com as águas do oceano Atlântico, demarcando o contato mais externo da zona costeira, tem-se as praias, associados a estas, cordões rochosos situados paralelamente à faixa de praia, denominados de rochas de praia (ou *beachrocks*).

Na zona costeira do Ceará, as praias comumente formam um depósito contínuo, alongado por toda a extensão da costa, desde a linha de maré baixa até a base das dunas móveis (SOUZA, 1988). Tal continuidade, por vezes, é recortada pelos rios e riachos que alcançam a costa. As rochas de praia são formadas por sedimentos de praia, cimentadas por carbonato de cálcio e magnésio, com diagênese média a alta (MAIA, 1998), quase sempre atuam como barreira natural, protegendo as praias dos efeitos da erosão marinha.

Fazendo o contato entre a faixa de praia e os campos de dunas, tem-se uma feição de transição, a planície de deflação.

Dunas costeiras (Figura 2) são formas de relevo eólicos que se desenvolvem em situações costeiras com uma ampla oferta de sedimentos soltos de areia disponível para ser transportado para o interior da zona costeira pelos ventos. Elas fazem parte de ecossistemas únicos na transição espacial entre ambientes continente/terrestre e marinho/aquosa. São distribuídas em todo o mundo, em associação com praias, produzindo uma gama de variedade de formas e dimensões relacionadas com variações espaciais e temporais na entrada de sedimentos e regime de vento (MARTINEZ *et al.*,2004).

Situadas à retaguarda das dunas recentes, observam-se as gerações mais antigas de dunas, as quais apresentam o desenvolvimento de processos pedogenéticos, apresentando um recobrimento vegetal pioneiro, que detém ou atenua os efeitos da deflação eólica, tornando-as fixas ou semi-fixas.



**Figura 1:** Duna Barcana de porte significativo em Camocim. Foto: Marcelo Martins (Jul, 2009).

Por sua vez, associados aos leitos fluviais e associados à estes, as planícies fluviais, que são formas de relevo topograficamente rebaixadas. Ao se aproximarem das suas desembocaduras, os leitos fluviais passam paulatinamente a ter mais contato com o ambiente marinho, sobretudo, através das águas salgadas que avançam continente adentro através das marés.

Nesse contexto de baixo curso dos rios, as planícies fluviais passam a apresentar novas características, passando a serem denominadas como: planícies flúvio-marinhas.

Outro recurso hídrico superficial presente na paisagem costeira cearense são as lagoas e suas planícies lacustres. Conceitualmente, de acordo com Suguio (1998), uma planície lacustre é uma planície formada pela exposição subaérea do substrato lacustre acima do nível da lagoa, pelo abaixamento relativo do nível das suas águas. Comumente é composta por sedimentos finos, bem selecionados e laminados. Em geral, constitui uma feição efêmera ou temporária.

A gênese das lagoas está, por diversas vezes, relacionada ao processo em que os campos de dunas são responsáveis pelo barramento de algumas drenagens que possuem descargas deficientes, o que provoca a obstrução de suas desembocaduras e formando, conseqüentemente, uma série de lagoas (BRANDÃO, 1995).

Nos setores mais internos da zona costeira, no contato com a Depressão Sertaneja, ou a região comumente conhecida como “sertão”, tem-se os tabuleiros costeiros, os quais se configuram como um típico relevo estrutural, ou seja, refletem nas suas formas, de maneira geral, horizontalizadas.

Além dos tabuleiros costeiros, a Formação Barreiras também se apresenta geomorfologicamente escarpada, em forma de falésias, quando a borda desse pacote aflora no setor litorâneo (Figura 2).



**Figura 2:** Falésias na Praia de Fontainha, município de Aracati. Foto: Marcelo Martins (Set, 2009).

### **3.2. Escolha do local de implantação dos Parques Eólicos**

O recurso eólico não está disponível sobre o solo de maneira igual, constante e equilibrada. É influenciado pela ocupação humana e suas construções, pelas características da vegetação (cobertura vegetal), pela orografia (variação do relevo), pelos mecanismos sinóticos e de mesoescala da atmosfera, fenômenos térmicos, pela latitude do local etc.

Apesar do potencial eólico do Brasil ser imenso em números absolutos, da ordem de 145 GW (equivalente a 10 usinas de Itaipu), paradoxalmente não é qualquer local que viabiliza economicamente um parque eólico. É necessária a conjunção de vários fatores, os quais variam de ordem técnica, ambiental, jurídica, estrutural e econômico-financeira.

Para ser viável, é imperativo que o projeto de um parque eólico busque sua implantação em locais com abundância em vento, com velocidades médias

anuais superiores a 7 m/s (25,3 km/h), algo que ocorre em quase todo o litoral do Ceará, em alguns lugares, como no litoral de Acaraú, Trairi e Amontada, por exemplo, as médias durante o 2º semestre alcancem 10m/s.

Tais médias de velocidade determinam a maximização da produção de eletricidade de um determinado parque, a fim de que possa ser competitivo com outros projetos e ser viável e rentável economicamente. A escolha prioritária da zona costeira para locação dos projetos é embasada fundamentalmente nesses aspectos.

### **3.3. Aspectos Gerais de um Parque Eólico**

Um parque eólico apresenta como estrutura básica, a qual é instalada nas áreas de implantação, os seguintes elementos:

- ♦ Aerogeradores ou Turbinas eólicas, cujo número em um dado parque eólico depende do tamanho do terreno, sua disposição espacial em relação à direção dos ventos, contudo, geralmente os parques são projetados entre 10 e 20 aerogeradores;
- ♦ Aerogeradores com potência nominal entre 1,5 MW, 1,6 MW e 2,1 MW, na maioria dos projetos instalados no Ceará;
- ♦ Vias de acesso interno às plataformas onde são instaladas as torres dos aerogeradores, possuindo geralmente 6,0 metros de largura, em leito de piçarra ou brita, utilizadas tanto na construção quanto na manutenção dos parques eólicos;
- ♦ Cabeamento elétrico interligando cada conjunto torre/aerogerador, com a finalidade de dar vazão à energia produzida por cada conjunto, o qual pode ser aérea ou inumado junto às vias de acesso interno;
- ♦ Subestação elevadora de tensão que recebe a energia produzida e a direciona para ser transportada ao elevar sua tensão;
- ♦ Cabeamento de controle;
- ♦ Subestação de saída e edifício de comando. Edificações que constituem a ponta do processo produtivo, onde a energia elétrica é conectada ao sistema nacional, por meio de uma linha de transmissão elétrica.

Em função de suas características básicas, parques eólicos, de maneira geral, apresentam praticamente uma ordem inversa no que diz respeito a seu

modo construtivo, ao passo que a etapa civil de suas edificações caracterizam-se por uma relativa simplicidade em contraponto a um elaborado projeto elétrico.

Os sistemas de energia eólica são sistemas tecnicamente complexos concebidos a partir de uma multiplicidade de componentes mecânicos, elétricos, eletrônicos e hidráulicos. De forma a maximizar a disponibilidade técnica dos sistemas de energia eólica e conhecer, de antemão, as possíveis avarias.

Um parque eólico apresenta uma baixa taxa de ocupação em relação às propriedades que ocupam, permitindo, inclusive, a utilização partilhada da área com outros usos, tais como: agricultura, agropecuária, piscicultura, carcinicultura, dentre outros.

A maior parte das obras civis dizem respeito basicamente às fundações da torre, geralmente elaboradas em concreto armado, com diâmetro de cerca de 15,0 metros, onde são utilizados aproximadamente 300 m<sup>3</sup> de concreto. Esta é uma etapa fundamental, precedida por estudos geotécnicos e hidrogeológicos, os quais indicarão, junto com outros cálculos e estudos, o local e a forma correta de instalação das fundações, obviamente, fundamentais para a segurança.

Além disso, um parque eólico dispõe de uma malha de aterramento, para evitar acidentes elétricos e perda de eletricidade; uma subestação elevadora, um prédio retangular, com dimensões entre 20x30 metros, em média; uma pequena guarita de segurança, geralmente instalada junto ao melhor acesso ao parque, uma edificação de aproximadamente 150 m<sup>2</sup> destinada ao centro de operação do parque, almoxarifado e atendimento aos visitantes.

Outra etapa importante e que demanda uma atenção por parte dos projetores, se dá com a elaboração das vias de acesso aos aerogeradores. As vias de acesso até cada um dos aerogeradores tem entre 5,0 e 7,0 metros de largura, com base compactada de cascalho, para permitir a entrada dos caminhões, dos guindastes, e serviço de manutenção durante o período de operação.

### **3.4. Impactos Ambientais Associados aos Parques Eólicos**

#### **3.4.1. Introdução**

Durante muito tempo o termo impacto ambiental foi relacionado a temas de contaminação e focado em estudos urbanos; logo o conceito se estendeu a espécies de animais, vegetação e ecossistemas. contudo, se pode definir

amplamente impacto ambiental como a alteração significativa dos sistemas naturais transformados em recursos, provocada pela ação humana. Portanto, os impactos se expressam nas diversas atividades e se apresentam tanto em ambientes naturais como naqueles que resultam na intervenção e criação humana. O impacto é uma alteração significativa de parte ou da totalidade do ambiente (ESPINOZA, 2001).

A análise dos impactos ambientais para a instalação de um parque eólico abrange aspectos positivos, como o fato de ser uma fonte energética não poluente, de baixa taxa ocupacional, que permite a utilização dos terrenos com outras atividades e a utilização de áreas já degradadas, dentre outros; e por seus aspectos negativos, o significativo impacto sobre a paisagem durante todo o seu funcionamento, a desvalorização dos destinos turísticos, o pouco retorno tributário para os municípios durante sua operação, dentre outros.

Na seqüência apresentamos os principais impactos ambientais pertinentes à implantação e operação dos parques eólicos, subdivididos em relação aos meios físico, biótico e antrópico, compartimentação clássica nos estudos ambientais. Vale frisar que tal compartimentação tem a mera função didática de tornar mais acessível e compreensível a análise a ser realizada, mas que se buscará a interrelação entre os meios e a abrangência real dos impactos, os quais geralmente permeiam todas essas instâncias.

### **3.4.2. Impactos sobre o Meio Físico**

Os impactos prognosticados sobre o meio físico se dão desde a fase de campo para elaboração dos estudos básicos, os quais são feitos para embasar os projetos básicos. Tais impactos passam ainda por toda a fase de instalação e permanecem durante a operação do parque eólico.

No contexto dos impactos de caráter adverso, durante os estudos de cunho geotécnico e hidrogeológico, por exemplo, tem-se a utilização dos equipamentos que emitem vibrações no terreno, podendo fomentar, em escala reduzida, a movimentação de sedimentos e o favorecimento à erosão ou ao assoreamento de determinados setores pré-condicionados a esses processos, tais como os setores onde os sedimentos encontram-se friáveis, o que se verifica nos campos de dunas móveis, por exemplo.

Além disso, a utilização desses equipamentos que em seu funcionamento emitem ruídos e gases, bem como a movimentação dos técnicos responsáveis na área provocando pequenos, mas estranhos ruídos ao contexto natural da região, ambos os impactos, sinergicamente provocam alterações nas condições atmosféricas locais, bem como em seus aspectos sonoros atuais.

De antemão vale frisar que, conceitualmente, um efeito sinérgico (ou sinérgico) caracteriza-se pela potencialização de diferentes impactos comungados, seja em seqüência, seja de forma concomitante, alcançando um efeito maior do que se apenas somássemos os efeitos individualmente.

Durante a fase de construção, a instalação do canteiro de obras e a concomitante supressão da vegetação geralmente existente no terreno, que pode variar entre uma vegetação herbácea, nos setores de planície de deflação e uma vegetação arbóreo-arbustiva de tabuleiro (de caráter vegetacional mais adensado), disponibiliza aos agentes eólicos, uma carga de sedimentos antes estabilizada, de caráter predominantemente arenoso e que compõe as camadas superficiais daquela porção do terreno, a qual pode ser alçada e alterar a qualidade do ar local.

A movimentação de sedimentos pode ser ainda mais impactante, se houver comunidades residentes no entorno do canteiro de obras, por exemplo, o que não se constitui como uma exceção, tendo em vista que na zona costeira cearense é comum encontrarmos localidades pontuais em lugares quase improváveis. Aliás, vale frisar que durante diversas etapas da fase de instalação, tem-se a ocorrência de impactos cumulativos sobre a qualidade do ar, através da emissão de ruídos, gases e material particulado, os quais, de forma sinérgica, provocam, de forma significativa, um quadro de instabilidade e desconforto ambiental durante sua ocorrência. Não é demais lembrar que os parques são comumente instalados em regiões naturalmente conservadas, onde o ar apresenta uma boa qualidade.

Vale ressaltar que no local onde será realizada a instalação do canteiro de obras, são instalados também equipamentos provisórios de água, esgoto, dentre outros, buscando o controle dos efluentes gerados, derivando em um aspecto positivo ao evitar a poluição das águas e do solo, o que dificilmente se verifica nas residências de grande parte da população cearense, principalmente fora da Região Metropolitana de Fortaleza.

A implantação e operação do canteiro de obras, incluindo banheiros, almoxarifado, escritórios etc., todos geradores de resíduos que podem, inclusive, ocasionar a proliferação de espécies indesejadas, bem como o transporte de materiais entre o canteiro e as frentes de serviços, associado ainda ao armazenamento de óleos e outras substâncias potencialmente poluentes, representam, principalmente em caso de acidentes, riscos de contaminação dos solos e do lençol freático por resíduos diversos.

Na etapa subsequente de limpeza de terreno tem-se a formação de processos erosivos e alterações da drenagem local, impactos tais que podem ser minimizados se a área for plana, além do fato da relatada baixa taxa de ocupação de projetos desse tipo.

Ainda durante esta etapa, poderá haver a geração de resíduos sólidos oriunda dos restos de vegetação desmatada, os quais devem ser devidamente acondicionados e transportados, no intuito de evitar a deposição dos mesmos nas calhas dos cursos d'água que, porventura, existam no terreno e/ou no seu entorno, bem como de lagoas também, evitando assim o assoreamento e o desequilíbrio físico-químico de suas águas. Aliás, cuidados com os recursos hídricos nunca podem ser considerados excessivos em um estado caracterizado pela escassez de água na maior parte do seu território.

A construção das vias de acesso e de circulação interna e, sobretudo, a etapa de terraplenagem e de edificação da rede de drenagem, de construção das obras civis auxiliares e de montagem das fundações e bases (Figura 3) se caracterizam como impactos cumulativos, ao acontecerem por vezes, concomitantes, sobre a morfologia do terreno, levando a modificações irreversíveis, por exemplo, se realizadas nos setores de dunas móveis.

Vale citar que durante o processo construtivo, para se realizar a umectação do solo a ser compactado e, sobretudo, para a concretagem, é captada água do manancial subterrâneo, isto representa uma diminuição da disponibilidade do recurso hídrico para a região. Além disso, a compactação do solo gera vibrações temporárias, as quais podem afetar as populações do entorno, principalmente de construções antigas e fragilizadas pelo tempo ou se o material de construção utilizado for de qualidade inferior.

Durante a instalação das torres, por exemplo, por se tratarem de equipamentos pesados e de proporções significativas, os trabalhadores

envolvidos ficarão expostos a acidentes de trabalho, bem como poderão ocorrer acidentes ambientais por falhas de implantação, ou uso incorreto dos equipamentos de segurança.



**Figura 3:** Imagem de concretagem da fundação de torre de parque eólico. Fonte: <http://www.piniweb.com.br/construcao/infra-estrutura/imagens/i167554.jpg>.

Outro impacto significativo e de grande magnitude trata-se da alteração da paisagem. As etapas iniciais da fase de instalação, citadas nos parágrafos anteriores, com a retirada setorial da cobertura vegetacional e modificação da morfologia e geotecnia das áreas e, sobretudo, a montagem das torres e dos aerogeradores, em função do seu porte, ganham destaque na paisagem (Figura 4), causando por vezes, estranheza e tensão para a população local, ainda pouco adaptada e afeita a equipamentos com essas características.

A alteração da paisagem ganha importância por dois aspectos:

- I. Pelo fato da conservação natural de determinadas regiões da zona costeira, sendo algumas, inclusive, regiões de significativo destino turístico do estado do Ceará, como por exemplo, a praia de Icaraí de Amontada, o litoral de Paracuru, de Aracati, dentre outros;
- II. Pela existência de outro(s) parque(s) eólico(s) em funcionamento nas proximidades, potencializando os impactos sobre a paisagem.

Os efeitos da alteração da paisagem permanecerão durante o funcionamento dos parques e podem a ser dirimidos com o passar do tempo e com a familiarização com os equipamentos por parte da população do entorno,

embora este tipo de análise seja sempre questionável, face seu grau de subjetividade.



**Figura 4:** Destaque na paisagem das torres da UEE Formosa, em Camocim. Foto: Marcelo Martins (Abr, 2009).

### **3.4.3. Meio Biótico**

Este fator ambiental caracteriza-se como o meio onde se verifica alguns dos impactos negativos mais significativos, incidindo de forma direta, sobremaneira, sobre a cobertura vegetal.

A cumulatividade dos impactos sobre a vegetação tem início na abertura da faixa necessária para a realização da fase de campo do levantamento planialtimétrico e continua, em um momento posterior, com a supressão de vegetação em pontos específicos para a realização dos estudos geotécnicos e hidrogeológicos. Todavia, a cumulatividade dos impactos sobre a cobertura vegetal, ganha maior magnitude a partir da instalação do canteiro de obras. O canteiro de obras, composto geralmente por um pátio de máquinas, uma usina de concreto, um canteiro específico da construtora e outros destinados aos subempreiteiros, além de uma estação de tratamento de esgoto (ETE), a qual ocupa uma área em torno de 1,5 hectares.

A cumulatividade dos impactos adversos sobre a vegetação atinge seu ápice na etapa de limpeza do terreno, cuja perda de vegetação, apesar de ocorrer de forma restrita aos pontos de construção das bases dos aerogeradores, pátios de manobras, vias de acesso e de circulação internas, além da subestação, pode ter importância significativa, dependendo das características ambientais da área.

Com a retirada da vegetação, além da diminuição do potencial ecológico e da carga genética da flora local, ocorre estresse e fuga da fauna. O prognóstico é o de que alguns locais de abrigo da fauna sempre sejam destruídos durante esta ação. Esses efeitos desencadeiam em alteração na dinâmica do ecossistema, com desequilíbrio e quebra de elos tróficos e conseqüentemente em instabilidade ecológica de difícil mensuração e delimitação.

Com a perda de seus habitats, os animais tendem a se refugiar em locais mais conservados ocorrendo a fuga para as áreas adjacentes. Este é um processo natural devido à intensa movimentação na área. Nesse sentido, deve ser conduzido com atenção como se dará a forma de escape no sentido de evitar que os animais fiquem presos em ilhas de vegetação ou migrem para áreas vizinhas ou na direção de estradas e rodovias.

Com a fuga dos animais, ocorre naturalmente um aumento do fluxo de animais nas áreas vegetadas adjacentes. Esse aumento no número de animais no entorno leva a um processo desordenado na competição por alimento e abrigo prejudicando a fauna em equilíbrio e ocasionando um descontrole nas relações tróficas do ambiente. Ressalte-se ainda que, com os animais da área mais vulneráveis devido à exposição, existe o risco de aumento na captura e caça de animais silvestres, seja para alimentação ou para a posterior venda de peles.

Com a fuga da fauna para as áreas protegidas do entorno, a população local residente no entorno fica vulnerável aos ataques de animais peçonhentos como cobras e escorpiões que podem vir a procurar abrigo em quintais, plantações e nas residências existentes no entorno da área. O risco também pode atingir animais domésticos e de criação da população.

Os impactos relacionados acima ocorrem de forma mais duradoura e com maior magnitude durante a fase de instalação, propriamente dita, tendo em vista que para a realização da limpeza da área, para a mobilização de materiais e equipamentos e, sobretudo, para a montagem dos equipamentos – torres, pás, aerogeradores, subestação etc. são necessários e previsíveis uma quantidade superior de trabalhadores, veículos e equipamentos.

Por fim, no tocante ao Meio Biótico, um impacto significativo e que deve ser tratado com muita atenção, sobretudo para a fase de operação dos parques eólicos, refere-se ao relacionado à avifauna e quiróptero-fauna (aves, sobretudo migratórias e morcegos).

Por um lado, argumenta-se que em virtude do tamanho das turbinas eólicas, da velocidade de rotação e da altura das torres, associados ao afastamento entre as torres, a visibilidade do equipamento e a velocidade de rotação permitem que as aves e os morcegos façam desvios em tempo hábil.

Neste sentido, verifica-se que a maioria das aves consegue evitar os obstáculos (ORLOFF e FLANNERY, 1992), no entanto, deve-se atentar que, embora os aerogeradores se encontrem geralmente abaixo da altitude de vôo das aves que migram durante a noite, condições meteorológicas desfavoráveis (nevoeiros, nuvens baixas) e outros fatores que provocam a redução da altitude de vôo levam à existência de um risco de colisão significativo (ERICKSON *et al.*, 2005).

Também no caso das aves de rapina de vôo mais rápido (como os falconiformes), verifica-se uma maior vulnerabilidade ao embate e eletrocussão. A velocidade de vôo afeta a capacidade da ave de detectar o obstáculo, assim como o seu tempo de reação perante o obstáculo, além de condicionar a gravidade da lesão provocada pelo embate (ORLOFF e FLANNERY, 1992).

#### **3.4.4. Meio Socioeconômico**

Os impactos sobre o Meio Socioeconômico (ou meio Antrópico) têm início com as ações que compõe a caracterização eólica da região, com a definição do potencial eólico, a quantificação dos ventos somados à definição da potencialidade de energia eólica explorável na região, os quais resultam na seleção e escolha da área projetada para implantação do parque.

No momento inicial da fase de implantação tem-se o processo de contratação de pessoal. Tal fato provoca expectativas positivas especialmente na população do entorno, sobretudo, tendo em vista a possibilidade de colocação e de aquisição de renda.

O aporte de trabalhadores para as obras poderá gerar uma alteração que pode ser significativa no perfil da população local. O aspecto positivo associado é que é previsível a mitigação de problemas de adaptação às condições locais, bem como a redução nos custos com deslocamento e moradias para os trabalhadores, além de trazer um desenvolvimento mais real e significativo à região.

Por outro lado, outro montante de trabalhadores também é atraído de outras regiões. Assim, tem-se um aumento populacional, o que requer novas demandas

em diversos setores do serviço público, por exemplo, consumo de energia elétrica e a utilização de postos de saúde. Tal incremento populacional pode dirimir a qualidade desses serviços, essenciais ao bem-estar das pessoas e que nem sempre apresentam qualidade satisfatória.

A mobilização de equipamentos pode gerar danos às estradas de acesso devido à intensificação de fluxo pesado, bem como poderá decorrer em acidentes de trânsito, causando transtornos aos demais usuários das rodovias públicas ou, até mesmo, podendo aumentar o número de atropelamento de animais.

Impactos positivos que se acumulam e proporcionam como resultante, o efeito sinérgico do crescimento econômico às instâncias públicas: municipal, estadual, sobretudo, e federal, são: a aquisição de serviços especializados e de consultorias, o crescimento do comércio e do setor terciário através da aquisição de materiais e equipamentos, a arrecadação de impostos, tributos e taxas, além do aumento da moeda circulante e, sobretudo, a contratação de trabalhadores durante a fase de instalação do parque eólico.

Durante o final do processo de instalação, os testes pré-operacionais incorrem em muita cautela e atenção por parte das pessoas envolvidas nesta ação, pois trata-se de uma ação onde envolve grandes riscos de acidentes com os trabalhadores envolvidos e com o ambiente do local das torres. Por ser a fase onde serão testados os equipamentos, mesmo que se perceba uma firmeza na estruturação e na qualidade da implantação dos aerogeradores e do cabeamento, é uma ação que exige uma atenção especial, pois neste momento se percebe com maior clareza as falhas ocorridas dos processos anteriores.

A desmobilização do canteiro de obras compreende o final da fase de instalação dos parques eólicos, quando todos os equipamentos deixam a área de intervenção das obras e quando o canteiro de obras definitivamente é removido. Nesta fase, alguns efeitos decorrentes da fase de instalação deixam de ocorrer, principalmente, aqueles relativos à poluição do ar e alteração do nível de ruídos, perturbação à fauna, desconforto ambiental e poluição visual.

Nessa etapa final da fase de instalação, em função das características de automação dos parques eólicos, ocorre a dispensa da mão-de-obra empregada na construção, sendo previsto que este efeito atinge mais diretamente o pessoal selecionado nas localidades mais próximas. Por outro lado, deve-se considerar também que uma parte dos trabalhadores pode integrar um quadro de

empregados permanente da empresa construtora contratada, e, estes possivelmente serão deslocados para outras obras.

#### **4. Conclusão**

Em 2011 o Ceará já possuía 17 usinas eólicas em operação, totalizando 518,9 MW. Até 2016, segundo dados da ADECE (Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará), apresentados no jornal O Povo de 15 de janeiro de 2012, o Ceará deverá ter em seu território, o funcionamento de 69 usinas eólicas, com a maioria situada na sua zona costeira, resultando em uma potência de 1.818,0 MW.

Assim, o potencial instalado de energia eólica no Ceará continua a ser ampliado e tal crescimento precisa ser criterioso para que não ocorram problemas irremediáveis.

Sem nenhuma pretensão de tentar esgotar o assunto, ou mesmo, propor soluções definitivas para o dilema: meio ambiente x crescimento econômico, supostamente resolvido sob o rótulo do desenvolvimento sustentável, tentamos com esse artigo prestar uma contribuição para que os parques eólicos sejam locados sem prejuízo ao meio ambiente do nosso estado, mais precisamente, à zona costeira cearense.

Por todas suas características e benefícios futuros, os parques eólicos não podem estar fora da pauta governamental de nenhuma administração minimamente responsável com as gerações futuras, aliás, responsável, inclusive, pela geração presente. As energias renováveis são fundamentais para que possamos pensar em uma forma de relacionamento mais harmoniosa com a natureza. Por outro lado, a zona costeira cearense apresenta uma riqueza paisagística, ecológica, ambiental, cultural, social e econômica de difícil assimilação, mas de fácil entendimento do quão fundamental é sua preservação.

O desenvolvimento e o necessário passo para o futuro que queremos, mudando nossa matriz energética, por exemplo, passa pelo desenvolvimento da energia eólica, junto às demais energias renováveis, que deixaram de ser alternativas para serem obrigatórias. Contudo, não é exagero declarar que esse desenvolvimento é bem-vindo, mas não de qualquer forma, não de qualquer jeito.

O estudo e a análise locacional e tecnológica de cada um dos projetos dos parques eólicos, seus aspectos particulares e seus impactos ambientais associados devem ser postos em prática.

## **5. Agradecimentos**

Os autores agradecem à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP pelo apoio concedido através das bolsas de estudo veiculadas, respectivamente, ao Doutorado em Ciências Marinhas e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFC.

## **6. Referências**

AB'SABER, A. N. **Os Domínios de Natureza do Brasil**: Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

ARAI, M. **A Grande Elevação Eustática do Mioceno**: a verdadeira origem do grupo Barreiras. X Congresso da Abequa, Guarapari/ES, 2005.

BIGARELLA, J. J. **The Barreiras Group in Northeastern Brazil**. Anais Academia Brasileira de Ciências, 47: 365-393. 1975.

BLOOM, A. **Superfície da Terra**. Trad. Setembrino Petri e Reinholt Ellert. São Paulo: Edgard Blucher, 1996.

BRANDÃO, R. L. (Org). **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR**. CPRM/SEMACE/SRH. Fortaleza: CPRM, 1995.

\_\_\_\_\_ **Sistema de informações para Gestão e Administração Territorial da Região Metropolitana de Fortaleza – Projeto SINFOR**: Mapa Geológico da Região Metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Fortaleza: CPRM, 1994.

CARVALHO, A. C. **Dinâmica Costeira entre Cumbuco e Matões – Costa Nw do Estado do Ceará**. Ênfase nos Processos Eólicos. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Bahia. Salvador / Bahia, 2003.

CLAUDINO-SALES, V. **Os litorais cearenses**. In: SILVA, J. B. *et al.* (Org.) Ceará: um novo olhar geográfico, Fortaleza: Demócrito Rocha, 2005.

\_\_\_\_\_ **Les Littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de l'État du Ceará, Brésil – du long terme au court terme**. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sorbonne, 511p. 2002.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

- \_\_\_\_\_. Geomorfologia Fluvial. Vol. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CPRM. **Atlas digital de Geologia e Recursos minerais do Ceará**. Mapas na Escala 1:500.000, Cd Rom, 2003.
- ERICKSON, W. P.; JOHNSON, D. G. e YOUNG JR., D. P. **A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with Emphasis on Colisions**. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW, 2005.
- ESPINOZA, G. **Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental**. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Santiago, Chile, 2001.
- GUERRA, A. T. e GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- MAIA, L. P. **Procesos Costeros y Balance Sedimentario a lo Largo de Fortaleza (NE-Brasil)**. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 198p. 1998.
- MARTINEZ, M.L.; PSUTY. N.P. (Org.). **Coastal Dunes, Ecology and Conservation**. Vol. 171, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004.
- MOURA-FÉ, M. M. **Evolução Geomorfológica do Sítio Natural de Fortaleza, Ceará**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2008.
- ORLOFF, S. e FLANNERY, A. **Wind Turbines Effects on Avian Activity, Habit Use and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas**. Work performed by BioSystems Analysis, Inc. Tiburon, C.A. Sacramento, C.A.: California Energy Comission, 1992.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1978.
- PINHEIRO, M. V. A. **Evolução Geoambiental e Geohistórica das Dunas Costeiras de Fortaleza, Ceará**. Dissertação. Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2009.
- SOUZA, M. J. N. **A sub-compartimentação regional do relevo**. In: Atlas do Ceará. Fortaleza: Fundação Iplance, Governo do estado do Ceará, 1989.
- \_\_\_\_\_. **Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará**. Revista de Geologia da UFC. 1:73-91, 1988.
- SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.