

AVALIAÇÃO DE RISCOS GEOLÓGICOS NO PLANEJAMENTO ENERGÉTICO EÓLICO NO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Geological Risk Evaluation in the Eolic Energy Planning on Rio Grande do Norte, Brazil

Marcelo Motta de Freitas *

Resumo

Embora o discurso de sustentabilidade sobre o processo de geração eólica de energia seja bem difundido, existem riscos envolvidos em todas as fases do projeto, que vão desde a sua instalação ao processo de geração de energia. Assim, para além da imagem energia de limpa e renovável, os campos de exploração podem ser analisados em sua relação com o espaço geográfico no qual se inserem. Embora o presente artigo se concentre sobre a descrição dos riscos relativos ao meio físico dos campos de geração de energia eólica de Macambira I e II, Baixa do Feijão e Aventura, todos localizados no estado do Rio Grande do Norte, Brasil, ele também aponta como estes riscos podem incidir sobre as relações sociais. Particularmente, o estudo da situação geológica dos campos de geração apresenta condições de risco associadas à presença de cavidades. Estas cavernas e grutas são formadas pela ocorrência de calcários da formação Jandaíra, que desenvolvem redes subterrâneas de túneis em áreas de relevo plano. Além do aspecto geotécnico que coloca em risco as torres eólicas, as preocupações recaem sobre a hidrogeologia regional e sobre o patrimônio espeleológico. Ainda associado à geologia, a condição sísmica regional oferece risco a instalação das torres e o acervo fóssilífero das formações sedimentares complementam as limitantes ambientais para os empreendimentos.

Palavras-chave: Riscos geológicos; Planejamento energético; Energia eólica.

Abstract

Wind power generation has a reputation for being environmentally friendly. However, beyond its clean and renewable aspects, the exploration fields can also be assessed in its relationship with the geographical space, as the risks involved in this activity can be identified in all project phases, going from its implementation to the final moment where the actual energy generation takes place. This article provides a description of the risks related to the physical environment of the wind power generation fields of Macambira I and II, Baixa do Feijão and Aventura, all located in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Although the research focuses on the physical context of the generation fields, it also indicates that social relationships are affected by it. Particularly, the geology mapping demonstrates that there are risks related to the presence of caves. This morphology can be seen on the Jandaíra Formation limestone, which is marked by a subterranean tunnel network that occurs in plain terrains. Beyond the geotechnical aspect, which exposes the wind power towers to some risk, there are environmental concerns regarding the regional hydrogeology and the speleological patrimony, as well as the fossil layers that are present on the sedimentary formations. Furthermore, the regional seismic context can also offer risks to the installation of wind power generation towers.

Key words: Geological risks; Energy planning; Wind energy.

Résumé

Les entreprises qui produisent de l'énergie éolienne ont la réputation d'être environnementalement responsables. Cependant, au-delà de ses aspects renouvelables et propres, les champs d'exploration peuvent également être évalués concernant sa relation avec l'espace géographique ou ils s'inscrivent. Les risques inhérents à cette activité peuvent être identifiés sur toutes les phases du projet, allant de sa mise en œuvre jusqu'au dernier moment où l'énergie est geré. Cet article fournit une description des risques liés à l'environnement physique des champs de génération d'énergie éolienne de Macambira I et II, Baixa do Feijão et Aventura, tous situés à l'État de Rio Grande do Norte, au Brésil. Bien que la recherche se concentre sur le contexte physique des champs de production, il est possible de remarquer que les relations sociales sont aussi affectées. En particulier, la cartographie géologique démontre qu'il existe des risques liés à la présence de grottes. Cette morphologie peut être observée sur la formation de calcaire Jandaíra, qui est marquée par un réseau de tunnels souterrains qui se produit sur des plaines. Au-delà de l'aspect géotechnique, qui démontre que les tours d'énergie éolienne sont exposées à un certain risque, il y a des préoccupations environnementales concernant l'hydrogéologie régionale et le patrimoine spéléologique, ainsi que les couches fossiles qui sont présents sur les formations sédimentaires. En outre, le contexte sismique régional peut également offrir des risques à l'installation de tours de production d'énergie éolienne.

Motss clés: Risques géologiques; Amenagement de l'énergie; Énergie éolienne.

(*) Prof. Dr. da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - Rua Marquês de São Vicente, 225, sala 413F, CEP: 22453-900, Rio de Janeiro (RJ), Brasil. Tel: (+55 21) 3527 1666 - marcelomotta@puc-rio.br

INTRODUÇÃO

A política energética brasileira avançou em diversas direções nos últimos 50 anos. Desde o chamado “milagre brasileiro”, atribuído ao impulso dado a construção de infraestrutura no país, assistimos historicamente às transformações espaciais no território brasileiro em nome do processo mais acelerado de industrialização. O discurso do desenvolvimento foi justificativa para a instalação de diversas hidrelétricas nas principais bacias hidrográficas do Brasil e marcou contundentemente nosso parque energético. Da energia elétrica gerada no Brasil, mais de 60% é produzida pelas hidrelétricas, herança associada a abundância de recursos hídricos do país e o potencial gerador dos rios nacionais. Porém, mais recentemente, outras fontes foram introduzidas na matriz energética brasileira, sobretudo em função do barateamento da produção advindo dos avanços tecnológicos. Especificamente, a energia eólica entra no cenário brasileiro no final do século passado e atinge hoje 2,71% da matriz elétrica brasileira, contando com 177 usinas instaladas (ANEEL,2014).

Embora o discurso de sustentabilidade que envolve o processo de geração eólica de energia seja bem difundido, existem riscos envolvidos desde o seu processo de instalação ao processo de geração. Neste sentido, o licenciamento ambiental e os estudos de viabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos chamam atenção para diversos fatores, desde os impactos à avifauna migratória às respostas sociais ao arrendamento de terras para instalação das torres eólicas.

As transformações induzidas pelo avanço dos parques eólicos incidem na construção do espaço geográfico. As relações sociais tecedoras do espaço geográfico são afetadas e refletem riscos para o empreendedor e para os governantes indutores das políticas de incentivo a este tipo de produção de energia. No entanto, embora menos óbvios, são também presentes riscos que o meio pode oferecer a esses atores e agentes da construção destes parques eólicos, especificamente, os riscos oriundos das condições geológicas e geomorfológicas. Este artigo trata de empreendimentos eólicos planejados nas porções central e norte do Estado do Rio Grande do Norte e seu foco recai sobre os riscos de se empreender sem o conhecimento prévio das condições ambientais do local.

O presente estudo busca demonstrar que para além da imagem da sustentabilidade atrelada a energia eólica, existe um contexto geográfico, que deve ser observado de maneira a garantir que na prática, as atividades envolvidas no parque de geração sejam de fato sustentáveis. Neste sentido, defende-se o estudo de alternativas locais. Com frequência, riscos podem ser evitados com alterações simples e pouco onerosas para o empreendedor, evitando assim paralisações no processo de licenciamento, danos à imagem e perdas financeiras significativas. Além do que, sugere-se que riscos do meio físico sejam encarados por uma perspectiva complexa, uma vez que estes facilmente incidem nos riscos sociais. Por exemplo, um desabamento de uma caverna pode ocasionar o óbito de um operário, que por sua vez pode gerar o protesto da comunidade vizinha da qual o trabalhador fazia parte.

Os empreendimentos prevêem alguns campos de instalação de torres distribuídos em 3 sítios de instalação nos municípios de Touros, Jandaíra e João Câmara, na porção centro norte do Estado do Rio Grande do Norte. Respectivamente os campos receberam os nomes de Aventura, Macambira e Baixa do Feijão, cada um situado em uma condição geológica e geomorfológica específica. Por este motivo, os campos cabem como excelentes objetos de estudo, devido às suas condições particulares que desenham riscos diferenciados para os empreendimentos.

Os procedimentos metodológicos consideraram o levantamento de dados secundários, lançando mão dos mapeamentos geológicos preexistentes realizados pelo Serviço Geológico do Brasil e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística bem como do levantamento de dados primários em trabalhos de campo realizados em cada uma das áreas dos empreendimentos estudados. Foram realizadas um total de 2 campanhas de campo, aonde coletaram-se dados de afloramentos, amostras, descrições da paisagem e fotografias. Também foi realizada a revisão bibliográfica acerca da caracterização geológica e geomorfológica regional. Foi elaborada ainda uma tabela de pontos



ou estações de campo georreferenciados (base de dados elaborada com apoio de aparelho GPS.). Quanto a gradação dos riscos/ameaças estes foram divididos da seguinte maneira:

Baixo – Baixo potencial de danos e facilmente mitigável.

Médio – Potencial moderado de danos porém com possibilidade de mitigação.

Alto - Potencial importante de danos porém ainda com possibilidade de mitigação.

Fatal – Pode ocasionar risco de vida e deve ser evitado.

Os dados levantados foram processados pelo programa ARCGIS para a realização dos mapeamentos e as respectivas análises foram divididas por área de estudo e serão apresentadas a seguir.

RISCOS RELATIVOS AO MEIO FÍSICO DE MACAMBIRA I E II

CONTEXTO GEOLÓGICO

Os campos eólicos de Macambira I e II situam-se em terrenos sedimentares, associados a ciclos deposicionais no interior do estado do Rio Grande do Norte. A geologia do estado é bastante complexa, formada por cinturões orogênicos muito antigos associados a ciclos termotectônicos formadores do substrato geológico do Brasil. O embasamento cristalino do estado possui datações de rochas que variam do Arqueano ao Fanerozóico, tendo as mais antigas datadas de 3.4 bilhões de anos e granitos mais recentes de 450 Milhões de anos. Após os ciclos termotectônicos, o processo de abertura oceânica instalado pelo Atlântico impõe a intrusões de rochas básicas e diversos ciclos de deposição sedimentar, associados a invasões marinhas sobre a plataforma continental. Estas sequências sedimentares iniciam-se no Cretáceo e continuam por todo o mesozoico e cenozoico, até os dias atuais.

O Parque eólico de Macambira situa-se sobre uma dessas sequências sedimentares, no interior do estado, constituída na Serra de Santana (municípios de Santana do Matos, Lagoa Nova e Bodó), configurando-se em um relevo de chapada, com topo plano e escarpas mais abruptas em seu limite com o embasamento cristalino, constituído por granitos proterozóicos.

A Serra de Santana, portanto consiste em uma bacia sedimentar, formada por arenitos da formação Serra do Martins, na fácies II, descrita no Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado do Rio Grande do Norte (ANGELIM et al, 2007) que congrega arenitos conglomeráticos com seixos de quartzo, subarredondados a arredondados, sustentados por uma matriz arenosa muito grossa a grânulos, de cor castanha (serras de Portalegre e Martins) e creme (serra de Santana), onde são mais caulínicos e ocorrendo em forma de pacotes tabulares. Também são observados arenitos conglomeráticos formados por clastos argilo-siltosos, comumente vermelhos, arredondados a elipsoidais, dispersos em matriz areno-siltosa, vermelha acastanhada, e, localmente, com clastos brancos, com matriz creme-esbranquiçada, caulínica, de geometria lenticular (ANGELIM et al, 2007) (figura 1).





Figura 1 - Aspecto do arenito conglomerático no topo da Serra de Santana

Esta formação de rochas sedimentares está recoberta por sedimentos inconsolidados e por cangas lateríticas que por vezes afloram a superfície, distribuindo um material intemperizado de coloração ferruginosa. Os sedimentos inconsolidados são provenientes de uma cobertura eluvial da própria decomposição dos arenitos e o seu retrabalhamento erosivo define uma concentração de depósitos aluviais em direção aos eixos de drenagem. Tais sedimentos são arenosos e apresentam coloração, respectivamente, creme e esbranquiçada (figura 2).

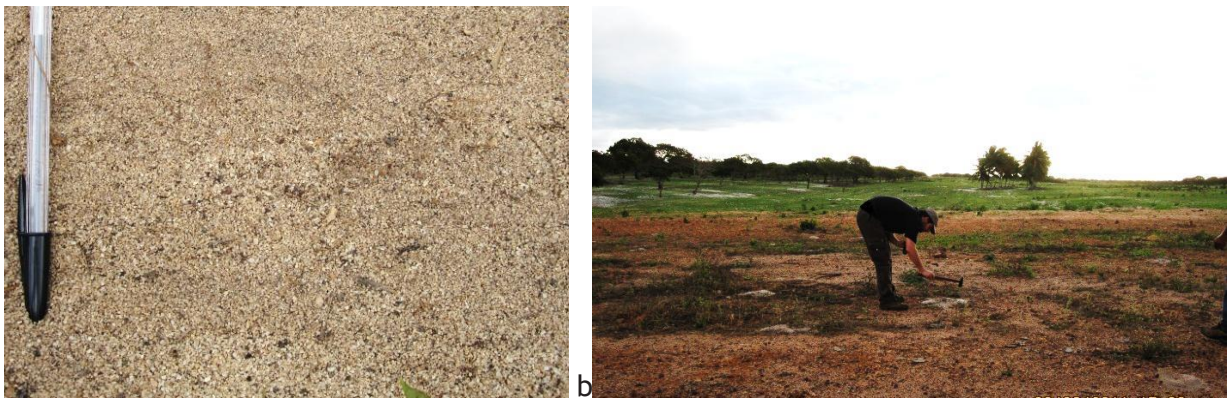


Figura 2 (a, b, c) – Coloração dos sedimentos inconsolidados: eluviais (a) e aluviais (b) e das cangas lateríticas (c) que recobrem os arenitos da Serra de Santana.

GEOTECNIA

A presença destes arenitos e coberturas sedimentares não oferece risco à construção de torres para aerogeradores no que diz respeito aos aspectos geotécnicos, sobretudo pela baixa declividade das vertentes, topografia, conhecida localmente como “chan”, representada por extensas áreas planas no alto da chapada. Esta condição estende-se também para a construção de acessos e fixação de subestações devido a não existência de riscos geotécnicos e erosivos, obviamente que respeitadas as normas de construção previstas na legislação e no plano de controle ambiental dos estudos de impacto.

Vale ressaltar que os extremos norte e sul, dos sítios de Macambira I e II, atingem o limite da chapada ou “chan”, encontrando o início das vertentes que descem em direção ao embasamento cristalino mais rebaixado topograficamente. Nestes trechos, a declividade aumenta abruptamente, criando paredões rochosos, associados a vertentes íngremes, onde ocorrem talwegues das efêmeras drenagens locais, conhecidos localmente por “grotões” (figura 3).

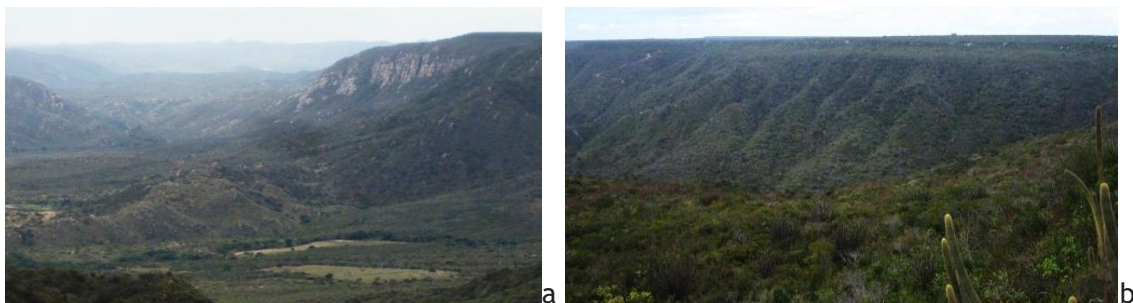


Figura 3 (a, b) – Aspectos do limite norte da Serra de Santana no contato dos arenitos com o embasamento granítico mais rebaixado topograficamente, expondo paredões típicos de chapadas (a) e talwegues aprofundados pelas drenagens que descem as vertentes íngremes da serra (b)



Estas “bordas” de chapada são protegidas pela legislação ambiental como APPs (áreas de Proteção Permanente), em função de suas declividades e da ocorrência de nascentes locais (“grotões”), pela resolução do CONAMA 303/2002, a saber:

Considerando que as Áreas de Preservação Permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objetivo das presentes e futuras gerações, resolve:

Art.1º Constitui objeto da presente Resolução o estabelecimento de parâmetros, definições e limites referente às Áreas de Proteção Permanente.

Art.2º Para os efeitos desta Resolução são dotadas as seguintes definições:(...)

XI – Tabuleiro ou chapada: Paisagem de topografia plana, com declividade média inferior a 10%, aproximadamente 6° e superfície superior a 10 hectares, terminada de forma abrupta em escarpa, caracterizando-se a chapada por grandes superfícies a mais de 600 metros de altitude.

Art. 3º Constitui Área de Preservação Permanente a área situada:(...)

VIII – nas escarpas e nas bordas dos tabuleiros e chapadas, a partir da linha de ruptura em faixa nunca inferior a cem metros em projeção horizontal no sentido reverso da escarpa.

Como dito, apenas a extremidade das fazendas fazem limite nestes paredões, não sendo previstos aerogeradores nestas áreas. Mesmo assim, avaliando o local, pode-se afirmar que o risco de inviabilidade é alto, já que a legislação inibe a ocupação destas áreas.

A Resolução CONAMA 369/06, por outro lado, define exceção para essa lei em casos de interesse social ou utilidade pública, onde se encaixa a atividade de geração de energia, no entanto, desaconselha-se o uso dessas áreas pela condição de preservação dos mananciais de água locais, já que estas drenagens são de grande importância ecológica para a região, que é marcada pela baixa taxa de precipitação anual e pela efemeridade de seus rios. Da mesma forma, podem configurar riscos o aumento da possibilidade de cavidades em função da concentração de água em direção à borda da serra e apesar das baixas precipitações, nestas áreas são comuns os movimentos de massa e quedas de blocos como processo erosivo, mesmo em condições de conservação da cobertura vegetal.

HIDROGEOLOGIA

As formações sedimentares, sobretudo de arenitos, são potencialmente bons aquíferos, com grande capacidade de armazenamento de água subterrânea. No caso das formações da Serra de Santana, a infiltração das águas das chuvas ocorre no topo e encostas das chapadas e, pela porosidade do substrato geológico, recarrega os aquíferos regionais. Este fluxo subsuperficial e subterrâneo exfiltra no sopé das encostas gerando as drenagens locais, a maioria, neste caso, intermitentes, em função da escassez hídrica da região e alta infiltração dos solos e rochas, ou afloram na forma de lagoas, como o é o caso da Lagoa Nova, que denomina a sede urbana local.

ESPELEOLOGIA

No que diz respeito à presença de cavidades, cavernas ou grutas ou vazios (ocos) presentes no subsolo da área onde serão construídos os alicerces dos aerogeradores pode gerar problemas construtivos, a exemplo do consumo de grandes volumes de concreto para seu preenchimento, ou mesmo em situação mais grave pelo desmoronamento de tetos de cavidades, podendo levar à queda dos aerogeradores.

As litologias presentes na área em estudo podem ser resumidas a rochas sedimentares detríticas de maior e menor espessura que, segundo a metodologia para análise do potencial espeleológico seguida pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV (2011), são con-

sideradas de baixo potencial, para as cangas lateríticas (10% a 29%) e de médio potencial, para os arenitos (30% a 59%).

O patrimônio espeleológico é um relevante atributo ambiental e protegido pela legislação, porém na região não são conhecidas ou registradas ocorrências de cavidades pelo CECAV, ou mesmo pela população local (entrevistada informalmente durante os trabalhos de campo). Acredita-se que as formações sedimentares locais não apresentem cavidades como processo morfológico, no entanto, vale ressaltar que, para certificação do risco de construção e fixação das torres aerogeradoras, estudos de geofísica com GPRs (Ground Penetrating Radar) são sugeridos.

Trata-se, portanto, de uma incerteza, uma vez que não há informações suficientes acerca presença de fraturas, cavidades, etc. nas rochas locais, já que não foram feitas sondagens ou outros levantamentos de detalhe que possibilitassem uma análise consistente das condições subterrâneas locais. A probabilidade é baixa, porém o risco pode ser fatal, à medida que impeça a construção no local identificado com a presença de cavidades, tanto por uma questão legal como por segurança. A solução induzirá uma mudança do sítio de localização do aerogerador.

RISCOS RELATIVOS AO MEIO FÍSICO DE BAIXA DO FEIJÃO

CONTEXTO GEOLÓGICO

Os campos eólicos de Baixa do Feijão situam-se em terrenos sedimentares, associados a ciclos deposicionais no litoral do estado do Rio Grande do Norte. A geologia do estado é bastante complexa, formada por cinturões orogenéticos muito antigos associados a ciclos termotectônicos formadores do substrato geológico do Brasil. O embasamento cristalino do estado possui datações de rochas que variam do Arqueano ao Fanerozóico, tendo as mais antigas datadas de 3.4 bilhões de anos e granitos mais recentes de 450 Milhões de anos. Após os ciclos termotectônicos, o processo de abertura oceânica instalado pelo Atlântico impõe intrusões de rochas básicas e formação de bacias sedimentares, em função da abertura de sistemas de riftes que culminam na abertura do oceano Atlântico.

O Parque Eólico de Baixa do Feijão situa-se sobre rochas sedimentares da bacia Potiguar, associado ao Rifte Potiguar que registra falhamentos que se estendem do limite da plataforma continental submersa até porções no interior do continente, desde os arredores de Macau a Apodi. As rochas sedimentares dessa bacia se estendem ao longo de todo litoral, e ocupam toda a porção norte do estado, onde exibem sequências de deposição fluvial, fluvio-lacustre, de ambientes continentais, seguida por sedimentos provenientes de transgressões marinhas (sedimentos proximais e distais), dentre as quais se destacam as formações calcárias da Formação Jandaíra (ANGELIM et al, 2007).

Aflorantes ou cobertos por camadas eluviais, as rochas carbonáticas da formação Jandaíra são descritas por ANGELIM et al (2007) como “compostas tipicamente por calcarenitos bioclásticos com foraminíferos bentônicos, por vezes associados a algas verdes. Também ocorrem calcilutitos com marcas de raízes, dismicrito, além de dolomitos e, subordinadamente, argilitos”. Nestas formações é comum a ocorrência de cavidades em função do processo de dissolução dos sais de Cálcio formadores das rochas (figura 4).





Figura 4 - Aspecto das rochas carbonáticas da Formação Jandaíra, na abertura da cavidade “Ô Loco” no município de Jandaíra, RN

A ocorrência de tais rochas carbonáticas no substrato do campo eólico de Baixa do Feijão define um risco, no que diz respeito à presença de cavidades, cavernas ou grutas ou vazios (ocos) presentes no subsolo da área onde serão construídos os alicerces dos aerogeradores. O risco se impõe sobre problemas construtivos de desmoronamento de tetos de cavidades, podendo levar à queda dos aerogeradores.

Esta litologia é definida pela metodologia de análise do potencial espeleológico seguida pelo Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas - CECAV (2011), como de alto potencial (80% a 100%) e o patrimônio espeleológico é um relevante atributo ambiental protegido pela legislação.

O Decreto 6.640/08 estabelece que as cavidades naturais subterrâneas existentes no território nacional deverão ser protegidas, sendo a elas atribuídas graus de relevância de acordo com seus atributos ecológicos, biológicos, hidrológicos, paleontológicos, cênicos, histórico-culturais e socioeconômicos (Art. 1º e 2º). A metodologia para classificação do grau de relevância é estabelecida pela Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente 02/2009. O Art. 3º desse mesmo Decreto estabelece que a cavidade natural subterrânea com grau de relevância máximo e sua área de influência não podem ser objeto de impactos negativos irreversíveis, sendo que sua utilização deve fazer-se somente dentro de condições que assegurem sua integridade física e a manutenção de seu equilíbrio ecológico. No Art. 5º do Decreto 6.640/2008 é estabelecido que os estudos para a definição do grau de relevância das cavidades naturais subterrâneas impactadas deverão ocorrer a expensas do responsável pelo empreendimento ou atividade.

Sobre esse tema, deve ser observada ainda a Resolução CONAMA 347/2004, que dispõe sobre a exigência de autorização do IBAMA para a instalação de empreendimentos localizados em áreas próximas a cavidade natural subterrânea relevante ou de sua área de influência (Art. 4º). Essa mesma Resolução estabelece que a área de influência sobre o patrimônio espeleológico será definida pelo órgão ambiental competente (IBAMA). Até que este órgão estipule a área de influência das

cavidades naturais, ela será considerada como a projeção horizontal da caverna acrescida de um entorno de duzentos e cinquenta metros, em forma de poligonal convexa.

Particularmente no limite do campo eólico de Baixa do Feijão e em seus arredores são registradas no CECAV, três cavidades: Grutas da Alcaroba, Bode e Caldeirões, dentro dos limites dos campos eólicos. Considerando-se ainda as suas áreas de influência de 250m a partir de sua projeção horizontal, esta condição pode levar a fatores condicionantes, impeditivos (para parte do projeto) ou mesmo se transformar em questão fatal, sobretudo, em relação ao colapso de tetos de caverna no processo de construção.

Porém, cabe ressaltar que a falta de estudos de detalhe e levantamentos espeleológicos específicos na área de estudo, ainda define uma incerteza nesse quesito, sendo sugerido um aprofundamento de estudos de campo, expedito e com uso do GPR (Ground Penetrating Radar), conforme o Decreto 6.640/2008.

GEOTECNIA

Do ponto de vista geotécnico, a área apresenta topografia plana e baixa precipitação, tendo como risco apenas aquele associado ao desabamento de tetos de cavidades citado anteriormente.

PALEONTOLOGIA

Segundo Morais et al (2005) a Formação Jandaíra “compreende calcarenito com bioclastos de moluscos, algas verdes, briozoários e equinóides. Também ocorre calcilito com marcas de raízes, dismicrito e gretas de contração. O ambiente deposicional é descrito como uma planície de maré, laguna rasa, plataforma rasa e mar aberto”, tornando-se portanto altamente propícia a ocorrência de fósseis. Em um estudo sobre fósseis de Gastrópodes, Cassab (2003), afirma que foram identificadas quatro associações fossilíferas na Formação Jandaíra.

Isto define alto risco em relação a intervenções sobre patrimônios paleontológicos, na fase de construção dos parques eólicos, protegidos pela legislação desde o Decreto-Lei 4.146 de 1942. Porém, não constitui risco fatal, tendo o devido cuidado e acompanhamento técnico para a remoção e preservação de fósseis encontrados durante escavações da obra, a partir de um Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico, constante na fase de licenciamento ambiental.

HIDROGEOLOGIA

As formações sedimentares, sobretudo rochas carbonáticas, são potencialmente bons aquíferos, com grande capacidade de armazenamento de água subterrânea. No caso da Formação Jandaíra, o estudo de Morais et al (2005) afirma que “o aquífero Jandaíra abrange uma área de aproximadamente 15.598 km², incluindo aí, as zonas recobertas pelo Grupo Barreiras, aluviões e dunas, que totalizam cerca de 5.980 km². (...). O aquífero Jandaíra localiza-se na porção superior da sequência carbonática da Formação Jandaíra, dispõe-se subhorizontalmente, com espessuras variando de 50 a 250 metros (IPT, 1982). Trata-se de um aquífero essencialmente livre, heterogêneo, hidraulicamente anisotrópico e de circulação cárstica em seu interior”. Por ser um aquífero livre, a infiltração das águas das chuvas ocorre na superfície e recarrega o corpo do aquífero e seus sistemas cársticos de fluxo dentro de cavidades e cavernas.

RISCOS RELATIVOS AO MEIO FÍSICO DE AVENTURA

CONTEXTO GEOLÓGICO

Os campos eólicos de Aventura situam-se em terrenos sedimentares, associados a ciclos deposicionais no litoral do estado do Rio Grande do Norte. A geologia do estado é bastante complexa, formada por cinturões orogênicos muito antigos associados a ciclos termotectônicos formadores



do substrato geológico do Brasil. O embasamento cristalino do estado possui datações de rochas que variam do Arqueano ao Fanerozóico, tendo as mais antigas datadas de 3.4 bilhões de anos e granitos mais recentes de 450 Milhões de anos. Após os ciclos tectônicos, o processo de abertura oceânica instalado pelo Atlântico impõe a intrusões de rochas básicas e formação de bacias sedimentares, em função da abertura de sistemas de riftes que culminam na abertura do oceano Atlântico.

O Parque Eólico de Aventura situa-se sobre rochas sedimentares do Grupo Barreiras, formado por depósitos sedimentares que se espalham por grande parte do litoral brasileiro, chegando ao estado do Rio de Janeiro. No Rio Grande do Norte ANGELIM et al (2007) afirmam que os sedimentos do Grupo Barreiras ocorrem ao longo de uma faixa próxima ao litoral potiguar em forma de tabuleiros, por vezes constituindo falésias litorâneas (figura 5). A descrição de suas fácies inclui desde sedimentos associados a sistemas fluviais entrelaçados e de fácies transicionais para leques aluviais a planícies litorâneas (flúvio-lagunares). Tais sedimentos recobrem indistintamente litotipos do embasamento precambriano e do Grupo Apodi da Bacia Potiguar. Especificamente nos campos eólicos de Aventura, o grupo Barreiras encontra-se sobre as rochas calcárias da Formação Jandaíra, formação esta onde é comum a ocorrência de cavidades.



Figura 5 - Aspecto dos arenitos e argilitos do Grupo Barreiras no litoral do Rio Grande do Norte (Ponta do Mel, município de Areia Branca, RN).

ESPELEOLOGIA

As rochas do Grupo Barreiras não apresentam potencial alto para a ocorrência de cavidades, cavernas ou grutas ou vazios (ocos) presentes no subsolo da área onde serão construídos os alicerces dos aerogeradores. Segundo Cruz et al (2007) a formação Barreiras recobre aproximadamente 20% do estado do Rio Grande do Norte e apresenta probabilidade de ocorrência de cavernas quase nula. Particularmente no limite do campo eólico de Aventura não se encontra a ocorrência de cavernas registradas no CECAV, não configurando risco para o empreendimento.

Porém, considerando a proximidade de contato litológico com a formação Jandaíra (carbonáticas, com grande ocorrência de cavernas) faz-se necessário atentar para a profundidade dos depósitos do Grupo Barreiras. Segundo entrevistas locais, o substrato rochoso encontra-se recoberto por sedimentos arenosos que atingem até seis metros de profundidade, tendo sido encontrado calcário nas perfurações de poços, bem como na escavação para fixação de torres de aerogeradores em fazendas vizinhas.

Com a ocorrência de rochas carbonáticas a pouca profundidade, há de se considerar a probabilidade de ocorrência de cavidades não muito distantes em profundidade e, conseqüentemente, o

risco de serem atingidas por escavações das obras, ou mesmo de terem seus tetos colapsados pela fixação de alicerces pesados para as torres de aerogeradores. Porém, a falta de estudos de detalhe e levantamentos espeleológicos específicos na área de estudo, ainda define uma incerteza nesse quesito, sendo sugerido um aprofundamento de estudos de campo, expedito e com uso do GPR (Ground Penetrating Radar).

GEOTECNIA

Do ponto de vista geotécnico, a área apresenta topografia plana e baixa precipitação, tendo como risco apenas aquele associado ao desabamento de tetos de cavidades citado anteriormente.

HIDROGEOLOGIA

As formações sedimentares do Grupo Barreiras, sobretudo os arenitos, são potencialmente bons aquíferos, com grande capacidade de armazenamento de água subterrânea. A infiltração das águas das chuvas ocorre na superfície, sendo um aquífero livre, de fácil contaminação.

ATIVIDADES SÍSMICAS NO RIO GRANDE DO NORTE

O risco de atividades sísmicas é o mesmo para todos os campos eólicos analisados, por isso foram identificados separadamente nessa seção. Os sismos no Brasil não são raros, porém não apresentam grandes magnitudes, pois o território brasileiro apresenta hoje, uma relativa estabilidade. Os tremores no País são reflexos de fortes terremotos ocorridos principalmente na Cordilheira dos Andes, e também pela reativação e movimentação de falhas geológicas antigas. De qualquer forma, a probabilidade de o Brasil ser atingido por um terremoto catastrófico é remota. A grande parte dos sismos brasileiros é de pequena magnitude (<5 mb) e comumente, ocorrem a baixa profundidade (<30 km) e, por isso, são sentidos até poucos quilômetros do epicentro.

A região do Estado do Rio Grande do Norte, no entanto pela ocorrência de linhas de falhamentos, está entre os estados brasileiros que apresentam sismos de maior magnitude e frequência. Casos registrados no município de João Câmara atingiram 5.1 na escala Richter em 1986 (OBSIS,2001), tremor que afetou estruturas de prédios e danificou casas.

O catálogo de sismos do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo – IAG mostra que, no século XX, foram registrados milhares de sismos com epicentro no Brasil, com magnitudes atingindo até 6,6 na escala Richter, como o terremoto registrado em Mato Grosso, em 1955 (Porto dos Gaúchos). A maior parte desses sismos, porém, não ultrapassa a magnitude de 4,0 mb e, normalmente, acarretam poucos efeitos observáveis na superfície.

A figura 10 mostra a localização geográfica dos Parques Eólicos em estudo e destaca os. Vale ressaltar que epicentros de sismos ocorridos desde o ano 2.000 se encontram alinhados próximo aos falhamentos na região de João Câmara e Poço Branco, já conhecida por esta condição. Os campos de Aventura apresentam uma distância de menos de 30 km dos epicentros, o que define um risco alto de se sentir tremores nas instalações dos parques eólicos. Apesar dos sismos serem de baixa intensidade, é recomendado um aprofundamento dos estudos de engenharia para apresentar soluções para a construção das torres, associado a planos de gestão de risco e contingências. Porém não se configurando um impeditivo às instalações previstas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os riscos de meio físico tem o potencial de provocar danos ao meio ambiente e são, em muitos casos, fatais. Este tipo de risco, se mal gerenciado, pode também causar atrasos no processo de licenciamento ambiental e gerar protestos das comunidades vizinhas ao empreendimento.



Os riscos de natureza puramente geotécnica mais importantes para o presente trabalho incidem sobre a região onde se localiza Macambira I e II, por se tratarem de zonas limítrofes de chapadas, que são protegidas pela legislação ambiental como Áreas de Proteção Permanente em função de suas declividades e da ocorrência de nascentes locais (Resolução CONAMA 303/2002).

Os demais riscos geotécnicos são englobados pelos riscos relacionados às cavidades. No caso de Macambira I e II, estes riscos se configuram em uma incerteza, uma vez que não há informações suficientes acerca presença de fraturas, cavidades, etc. nas rochas locais, já que não foram feitas sondagens ou outros levantamentos de detalhe que possibilitassem uma análise consistente das condições subterrâneas locais. Particularmente no limite do campo eólico de Baixa do Feijão e em seus arredores são registradas no CECAV, três cavidades: Grutas da Alcaroba, Bode e Caldeirões, dentro dos limites dos campos eólicos. Considerando-se ainda as suas áreas de influência de 250m a partir de sua projeção horizontal, esta condição pode levar a fatores condicionantes, impeditivos (para parte do projeto), pois pode ocasionar até mesmo fatalidades devido ao colapso de tetos de caverna no processo de construção. Já o campo de Aventura incide sobre as rochas do Grupo Barreiras, que não apresentam potencial alto para a ocorrência de cavidades, cavernas ou grutas ou vazios (ocos) presentes no subsolo da área onde serão construídos os alicerces dos aerogeradores.

No que se refere a riscos ligados a paleontologia, a Formação Jandaíra pode ser definida como de alto risco em relação a intervenções sobre patrimônios paleontológicos, na fase de construção dos parques eólicos, protegidos pela legislação desde o Decreto-Lei 4.146 de 1942. Porém, não constitui risco fatal, tendo o devido cuidado e acompanhamento técnico para a remoção e preservação de fósseis encontrados durante escavações da obra, a partir de um Programa de Salvamento do Patrimônio Paleontológico, constante na fase de licenciamento ambiental. Conforme apontado, as atividades sísmicas no Rio Grande do Norte não são particularmente relevantes enquanto riscos para o empreendimento.

Quanto a hidrogeologia, configura-se um risco para o empreendimento como um todo a questão de contaminação dos aquíferos locais. Apesar da atividade de geração de energia eólica tratar com poucas substâncias tóxicas em sua instalação e operação, vale ressaltar o cuidado com os óleos e graxas dos equipamentos, bem como com o esgotamento dos canteiros de obra. Porém estas ações definem baixo risco à medida que as normas técnicas sejam atendidas, como previstas no plano de controle ambiental dos estudos de impacto.

Porém, o que vale considerar como risco, mesmo que baixo, é a atribuição de responsabilidade ao empreendedor pelo quadro atual de contaminação do aquífero regional em função dos usos existentes, como postos de gasolina, oficinas de fazenda, etc. e, principalmente, o saneamento básico da região que descarta dejetos na lagoa da cidade (segundo entrevistas informais no local), podendo o mesmo ser acusado de tal contaminação. Neste sentido sugere-se um estudo prévio da qualidade da água, registrando o “tempo zero” do empreendimento. Ao mesmo tempo, pode-se considerar este risco uma oportunidade de, a partir da responsabilidade ambiental da empresa, promover o saneamento da região.

Por fim, conclui-se que a sustentabilidade encontra no espaço condições distintas para as quais um discurso pasteurizado e banalizado não cabe. Para além da imagem energia de limpa e renovável, os campos de exploração devem ser analisados em sua relação com o espaço geográfico no qual se inserem. Um espaço não vazio, mas sim caracterizado por suas singularidades e particularidades, que deve ser apreendido em suas múltiplas dimensões. Desta forma, as fronteiras entre o humano (socioeconomia) e não-humano (meio físico) se tornam permeáveis e não-absolutas. Em tal contexto, o estudo dos riscos, ao apontar fragilidades no tecido das relações sociais, se apresenta enquanto ferramenta fundamental para a materialização de empreendimentos cujo saldo é sustentável para os diversos agentes envolvidos.



REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANGELIM, LA A; NESI, J.R.; TORRES, H. H. .F; MEDEIROS,V. C.; SANTOS, C.A.; VEIGA JUNIOR, J.P.; MENDES, V.A. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte** - Escala 1:500.000. - Recife: ANGELIM ET AL - Serviço Geológico do Brasil, 2007

CRUZ, J.B.; COELHO, D.C.; SILVA, F.J.; FREITAS, J.I.; CASTRO, T.J.; CAMPOS, U.P.; Diagnóstico Espeleológico do Rio Grande do Norte, **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Espeleologia**, Sociedade Brasileira de Espeleologia, Ouro Preto, MG, 2007, 87-95pp.

MORAIS, F.; MELO, J. G. de; MEDEIROS, J. I. de; SRIVASTAVA, N. K.; DINIZ FILHO, J. B.; LOPES, V. L.; OLIVEIRA, J. A. de; VASCONCELOS, M. B.; **Comportamento das bacias sedimentares da região semi-árida do Nordeste brasileiro**. Avaliação do aquífero Açú na borda sul da bacia Potiguar – Trecho: Upanema-Afonso Bezerra, CPRM/FINEP, 2005

<http://www.icmbio.gov.br/cecav/index.php>

<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>

<http://www.obsis.unb.br/index.php>

<http://www.sismo.iag.usp.br/sismologia/boletim.php>

Trabalho enviado em janeiro de 2016

Trabalho aceito em fevereiro de 2016

