

ESTUDO DE FATORES MEIOAMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO NA USINA DA TAIBA.

Renzo Raúl Rodríguez Rey e Francisco Correia de Oliveira.

Resumo

Um dos principais problemas que ocorrem, quando se fala do impacto no meio ambiente, por exploração dos recursos naturais, sejam renováveis ou não renováveis, é que eles podem ser contaminados ou seu meio pode ser destruído ou alterado. Na geração da energia elétrica tradicional precisa-se de grandes geradores como os hidráulicos ou térmicos, e sua construção pode impactar o meio ambiente pelas grandes mudanças da geografia ou contaminação das águas, assim também o consumo de combustíveis para a operação como petróleo, gás e carvão são que geram gases tóxicos são um grande risco para a sustentabilidade da natureza e a humanidade. Atualmente, se tem outros tipos de energias alternativas que podem ser aproveitadas e que não geram grandes transtornos e diminuem a poluição, como é o caso da energia eólica, que aproveita as forças dos ventos para ser transformada em energia mecânica, movimentando grandes turbinas que proporcionam as forças aos geradores elétricos. O tema deste estudo é a análise dos fatores meioambientais dos aerogeradores utilizados em Fortaleza – CE, tendo como estudo de caso o parque eólico da Taíba, com o objetivo de verificar se estes aerogeradores poluem o meio ambiente e se são uma alternativa rentável. Esta pesquisa é de tipo exploratória e descritiva com delineamento bibliográfico e estudo de caso, aplicando entrevistas com perguntas abertas aos moradores próximos ao parque eólico e gestores do parque eólico. Baseados no modelo de estudo feito pela *Danish Wind Industry Association* para uma análise da poluição sonora, estética e mortalidade de aves, que segundo estes estudos, são fatores de que afetariam o meio ambiente. Nos resultados da pesquisa objetiva-se verificar a não existência de impacto ambiental, ao contrario, o favorecimento do desenvolvimento econômico da comunidade, e rentabilidade melhor na geração de energia elétrica.

Palavras chaves: aerogeradores, meio ambiente, fontes alternativas, fontes renováveis e energia eólica.

Introdução

Durante muitos anos, a geração de energia elétrica esteve primada pelos geradores hidráulicos e térmicos, estes últimos demandando elevados consumos de combustíveis como petróleo, gás ou carvão os quais com o passar dos anos vão se esgotando, seus preços aumentando cada vez mais e poluindo o meio ambiente, por isso muitas empresas optam por recursos mais econômicos, claro exemplo da *General Electric* que tem projetos em novos geradores eólicos para o estado do Colorado –

Lamar nos Estados Unidos, com investimentos de aproximadamente 5 milhões de dólares e 162 Mw para assim diminuir os altos custos do gás, utilizado nos geradores térmicos (CHIEFTAIN, 2003). É um bom motivo para fazer pesquisas que demonstrem os benefícios dos geradores alternativos de energia elétrica e se optar mais por investimentos deste tipo, embora a taxa de crescimentos médio anual no Brasil, nas últimas décadas, foi de 5% e se prevê que na década de 2003 a 2012, será de 6% o que significa uma importante oportunidade na penetração de energias alternativas (CCPE, 2000).

Com novos desenvolvimentos tecnológicos, a geração da energia elétrica descobriu outras fontes de energias alternativas como a eólica, solar, geotérmica e biomassa, substitutas das energias convencionais, hidráulica e térmica. Atualmente, existem no Brasil, geradores alternativos tipo eólica com um total de 22,6 Mw (CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA, 2003) e células fotovoltaicas utilizadas nas cidades pequenas, com a finalidade de abastecer as necessidades primárias. Então no pressuposto desta pesquisa, questiona-se se será uma alternativa viável economicamente e ecologicamente para o estado de Ceará, e um paliativo a problemas como escassez de recursos hídricos.

Enfoca-se neste estudo de caso a pesquisa das energias eólicas por ser atualmente, de interesse e importância para o Ceará, estado que tem o privilégio de ter fortes ventos. De acordo com estudos realizados pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica, as avaliações indicaram que todo o litoral do Ceará apresenta média anual de velocidade do vento entre 8,0 e 10,0 m/s, com baixa turbulência e alta persistência de direção no quadrante nordeste/sul, que corresponde às melhores características do mundo para aproveitamento da energia eólica em larga escala (CARVALHO E BARBIERI, 2001), essas características de vento podem-se comparar com características de vento de outros países como Ghana, que tem ventos entre 5,5 e 9,0 m/s e que desde o 2002, desenvolve projetos que revelam atualmente, um total de 2000 Mw de potência, aproximadamente 100 vezes a do Brasil (ENERGY CUSTOMWIRE, 2005). No Ceará a Wobben (empresa alemã proprietária dos parques eólicos do Ceará) gera de energia elétrica um total de 17,4 Mw que representa 79% de toda a energia eólica gerada no Brasil. A energia é produzida por três usinas localizadas nas localidades de Taíba, Mucuripe e Prainha, e vendida à empresa distribuidora de energia elétrica de Ceará- COELCE.

O objetivo principal é verificar os impactos que os aerogeradores podem trazer ao meio ambiente e fazer uma comparação com as gerações convencionais, no caso da hidráulica que utiliza as águas dos rios e poderiam ser contaminadas. Estes geradores são de grande porte e precisam normalmente para sua construção fazer toda uma mudança na natureza do lugar de operação dos mesmos, ou no caso da térmica que precisa de calor gerado pela queima de combustível como petróleo ou carvão que geram gases de efeito estufa, e que dentro do setor energia estão mencionados no protocolo de Quioto de 1992, como elementos que acrescentam o problema do aquecimento global

(BARBIERI, 2004), e tendo em conta que para comprar 1000 KW por hora de energia elétrica o poder do vento por um ano, conservará 1.200 libras do carvão e manterá 2.400 libras do dióxido de carbono, o gás principal do efeito estufa (GREENPOWER, 1998).

As energias eólicas e solares trazem menos riscos e menos transtornos naturais, porque utilizam as fontes renováveis em sua forma natural. A geração de energia eólica obteve sucesso em países como Dinamarca, Reino Unido, Alemanha, Estados Unidos e nos Países Baixos, durante muitos anos, sem problema algum com a sociedade e natureza. Demonstrou-se que por meio de estudos na Dinamarca, os fatores negativos que poderiam impactar negativamente o meio ambiente e que mais se discutem nos aerogeradores são níveis de ruído máximos permissíveis, estética paisagista da natureza e morte das aves por colisões, e que com este modelo de estudo todos estes fatores estão abaixo dos níveis nocivos para o meio ambiente (DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION, 2004), então parte do objetivo desta pesquisa, é avaliar o impacto dos parques eólicos no Ceará, com o modelo de estudo aplicado na Dinamarca, e saber se existe algum tipo de impacto negativo ao meio ambiente.

1. Fontes de energias renováveis

As energias alternativas são fontes de obtenção de energias sem destruição do meio ambiente, renováveis, que foram pesquisadas e desenvolvidas com algumas intensidades nas últimas décadas. Algumas delas são:

- Eólica: produzida pelo movimento do vento.
- Solar: utiliza a radiação solar.
- Geotérmica: Uso da água que surge sob pressão desde o subsolo.
- Biomassa: Utiliza a decomposição de resíduos orgânicos.

Para estudo das fontes de energias renováveis mencionadas, o foco de estudo desta pesquisa é o estudo da energia eólica, uma das mais representativas no nordeste do Brasil, com 72% da energia eólica produzida no país, assim também ao final de 2003, a capacidade instalada mundial atingia pouco mais de 37 GW, ou seja, 0,4% do consumo de energia elétrica mundial, contra os 6,2 GW de 1996 e valores próximos a zero do início da década de 90 (EWEA, 2004).

2. Energia eólica

Para conhecer um pouco a historia da energia eólica e como se originam as forças dos ventos, se sabe que a palavra eólico deriva do grego EGLO, que significa: o Deus do vento na mitologia grega, como o eram a lua, o mar, o sol etc. Hoje em dia, entendesse que a energia eólica é a produzida pelo vento. O vento é uma manifestação indireta da energia solar, esta se produz como resultado do diferente grau de aquecimento da superfície terrestre pelos raios solares e pelo movimento de rotação da terra sobre si mesma. Considera-se que 0.7 por cento da radiação solar incidente nas capas altas da atmosfera, acaba transformada na energia cinética dos ventos (2,3W/m²),

ainda que medições diretas dão valores ligeiramente superiores (de 4 a 10 W/m²). Considerando que a contribuição do sol em sua interação com o sistema da atmosfera terra é de 172.000 TW (um TW são 1.000 megawattios), só 1.200 TW estão destinados a manter 14 circulações gerais da atmosfera, isto é os ventos (HEIER, 1998).

Atualmente, a energia eólica se aproveita de duas formas bem diferenciadas: Primeiro é utilizada para sacar água dos poços; um tipo de eólicas chamadas aerobombas, sendo um modelo de máquinas muito generalizado, chamado moinhos de multipalas do tipo americano. Diretamente através da energia mecânica ou por meio de bombas estes moinhos extraem a água dos poços apenas com a ajuda do vento. Segundo há outro tipo, estão esse tipo de eólicas que leva unido um gerador elétrico e produz corrente quando sopra o vento, recebem então o nome de aerogeradores (PONTESS, 1971).

Durante muitas décadas, se utilizaram rotores para geradores eólicos muito pequenos a fim de fornecer energia elétrica a granjas e casas situadas em lugares apartados, para abastecer de energia a estações meteorológicas e de retransmissão, igualmente para bombeamento de água e ventilação em estanques de piscicultura. As possibilidades de utilização estão em aumento, devido à tecnologia e materiais melhorados, e igualmente devido aos fortes aumentos nos preços da energia primária. O aproveitamento da energia eólica constitui uma fonte de energia sumamente atraente e vantajosa, não somente para as empresas de serviços públicos, como também para a economia de um país em geral. (HEIER, 1998). No Brasil em 1992, foi instalado em Fernando de Noronha – PE, o primeiro aerogerador de grande porte, de três pás com 17 metros de diâmetro, com uma potência nominal de 75 KW.

De acordo às características, os geradores eólicos estão classificados como fontes de energias alternativas, do tipo que se caracterizam como tecnologias limpas utilizadas na produção de bens e serviços que não destróem o meio ambiente. Pode-se mencionar outros exemplos: reciclagem de papel, latas, entre outros; uso de outras energias alternativas, como a biomassa e células fotovoltaicas; produtos biodegradáveis; tecnologias para redução e prevenção da poluição do ar, das águas, do solo ou a sonora, ou dos resíduos sólidos e a visual (PEREIRA, CUNHA E PEREIRA, 1997). As características que reforçam as razões para o uso desta tecnologia limpa, eólica, estão nas vantagens, a apesar dos custos de investimento.

3. Vantagens da energia eólica

A pesar da sua principal desvantagem, pelo elevado custo de instalação e o baixo fator da capacidade que está entre 25% a 45% de eficiência, devido às grandes variações da velocidade do vento e às calmarias, comparada com as fontes convencionais que estão entre o 40% - 80% de eficiência (ALDABÓ, 2002, TOLMASQUIM, 2003), existem muitas vantagens que fortalecem as razões de investir em energia eólica, as quais se mencionam em adiante.

A energia eólica não contamina, é inesgotável e freia o esgotamento de

combustíveis fósseis contribuindo para evitar a mudança climática. É uma tecnologia de aproveitamento totalmente madura e posta a ponto. É uma das fontes alternativa mais barata, pode competir em rentabilidade com outras fontes energéticas tradicionais como as centrais térmicas de carvão (considerado tradicionalmente como o combustível mais barato), as centrais de combustível e inclusive com a energia nuclear, consideram-se os custos de consertar os danos ao meio ambiental.

A geração energia elétrica sem que exista um processo de combustão ou uma etapa de transformação térmica supõe, desde o ponto de vista meio ambiental, um procedimento muito favorável por ser limpo e isento de problemas de contaminação. Suprimem-se radicalmente os impactos originados pelos combustíveis durante sua extração, transformação, transporte e combustão, o que beneficia a atmosfera, o solo, a água, a fauna, e a vegetação. Evita a contaminação que implica o transporte dos combustíveis; gás, petróleo, gas-oil, carvão. Reduz o intenso tráfico marítimo e terrestre a cerca das centrais. Suprime os riscos de acidentes durante estes transportes: limpezas e marés negras de petroleiros, traslados de resíduos nucleares etc. Não faz necessária a instalação de linhas de abastecimento: canalizações às refinarias ou às centrais de gás (BENEDUCE, 2000).

A utilização da energia eólica para a geração de eletricidade apresenta nula incidência sobre as características físico-químicas do solo ou na erosionabilidade, já que não se produz nenhum contaminante que incida sobre este meio, nem também não derramamentos ou grandes movimentos de terras. Ao invés do que pode ocorrer com as energias convencionais, a energia eólica não produz nenhum tipo de alteração sobre os aquíferos nem por consumo, nem por contaminação por resíduos ou vertidos. A geração de eletricidade a partir do vento não produz gases tóxicos, nem contribui ao efeito estufa, que já tem sobrepasado as 280 ppm (partes por milhon) nos últimos 420 000 anos de historia do planeta, que para o ano 2000 esta concentração de CO₂ tem alcançado as 370 ppm, aumentando entre 0,4 e 0,8 graus celcius o aquecimento do planeta (HONTY, 2001). Assim também não destrói a capa de ozônio, não cria chuva ácida e não origina produtos secundários perigosos nem resíduos contaminantes. Um exemplo é que cada KW/h de eletricidade gerada por energia eólica em lugar de carvão, evita (HEIER, 1998):

0,60 Kg. de CO₂, dióxido de carbono

1,33 gr. de SO₂, dióxido de enxofre

1,67 gr. de NO_x, óxido de nitrogênio

A eletricidade produzida por um aerogerador evita que se queimem diariamente, milhares de litros de petróleo e milhares de quilogramas de carvão nas centrais térmicas. Esse mesmo gerador eólico produz idêntica quantidade de energia que é obtida por queimar diariamente, grandes quantidades de petróleo ou se queimar carvão, evita-se a emissão de dióxido de carbono (CO₂), impede-se a emissão de dióxido de enxofre (SO₂) e de óxido de nitrogênio (Nox) principais causadores da chuva ácida (DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION). Existem atualmente dois tipos de aerogeradores

que são importantes conhecer para entender melhor seu funcionamento.

4. Classificação de aerogeradores

Os aerogeradores podem produzir energia elétrica de duas formas: em conexão direta à rede de distribuição convencional ou de forma isolada, segundo Beneduce (2000):

- As aplicações isoladas por meio de pequena ou média potência se utilizam para usos domésticos ou agrícolas (iluminação, pequenos eletrodomésticos, bombeio, irrigação etc.), inclusive em instalações Industriais para dessalinização, repetidores isolados de telefonia, TV, instalações turísticas e desportivas etc. Em caso de estar condicionados por um horário ou uma continuidade se precisa introduzir sistemas de baterias de acumulação ou combinações com outro tipo de geradores elétricos (grupos diesel, placas solares fotovoltaicas, centrais minihidráulicas etc).
- A conexão direta à rede vem representada pela utilização de aerogeradores de potências grandes (mais de 10 ou 100 KW). Ainda que em determinados casos e graças ao apoio dos estados às energias renováveis, é viável a conexão de modelos menores, sempre tendo em conta os custos de enganche à rede (equipes e permissões). A maior rentabilidade se obtém através de agrupações de máquinas com potências conectadas entre si e que vertem sua energia conjuntamente à rede elétrica. Ditos sistemas se denominam parques eólicos.

Por suas condições de produção excelente está limitada em percentagem ao total de energia elétrica (na conexão direta à rede). Considera-se que o grau de penetração da energia eólica em grandes redes de distribuição elétrica, pode atingir sem problemas dos 15 aos 20% do total sem especiais precauções na qualidade do fornecimento, nem na estabilidade da rede.

Os avanços na aerodinâmica incrementaram o rendimento dos aerogeradores dos 10 até aos 45%. Em boas localizações, com ventos médios anuais superiores aos 5 m/s a 10 metros de altura, conseguem-se produções elétricas anuais por metro quadrado de área varrida superiores aos 1.000 KW/h. O tamanho médio dos grandes aerogeradores é de 600-1.300 KW com rotores de 40 metros de diâmetro. Existe uma tendência generalizada para as máquinas tripala, que representam mais dos 80% dos aerogeradores instalados (HEIER, 1998).

Os futuros desenvolvimentos tecnológicos procuram a redução de custos, que a pesar da redução de custos nos últimos anos, persistem alguns problemas, os custos de investimentos ainda são maiores do que das usinas convencionais de petróleo e gás, precisa-se verificar o fator de potência, a tensão de flicker e produção de harmônicos (perturbações na qualidade de energia elétrica), provocados pelas turbinas (GIPE, 1999). Além disso, a presença de aerogeradores pode ameaçar os pássaros e provocar impacto sonoro e visual. Uma região do Brasil importante no desenvolvimento da energia eólica

é o nordeste, e no estado de Ceará que representa o 79% de energia eólica produzida no Brasil.

5. Usinas no Ceará

A energia eólica, proveniente dos ventos, começou a ser explorada no Ceará, em maio de 1990, quando a Companhia de Eletricidade do Ceará (COELCE) firmou um Protocolo de Intenções com a Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) para o desenvolvimento do projeto "Mapeamento Eólico do Estado do Ceará", com a finalidade de avaliar e identificar com maior precisão os recursos eólicos disponíveis e as áreas potencialmente favoráveis a implantação de parques eólicos (CARVALHO e BARBIERI, 2001).

O Ceará possui três centrais eólicas em funcionamento na Capital e Região Metropolitana, produzindo 17,4 Megawatts (MW). Em todo o País, a energia fornecida através dos ventos gera 22 Megawatts. A primeira usina eólico-elétrica do mundo construída sobre dunas de areia e a maior usina do gênero da América Latina está no Ceará. A primeira instalada na Praia da Taíba, no município de São Gonçalo do Amarante, a 55 quilômetros de Fortaleza, e a segunda na Prainha, em Aquiraz, a 30 quilômetros da Capital. Além delas, está em pleno funcionamento o Parque Eólico do Mucuripe com os aerogeradores instalados na Praia Mansa, zona leste da Capital. Juntos, parque e usinas eólicas do Estado produzem atualmente, 17,4 Megawatts (no Brasil são 22,6 MW), sendo 2,4 Megawatts na Praia Mansa, 5 Mw na central da Taíba e 10 MW na usina da Prainha (WOOBEM, 2004).

O potencial de energia eólica do Ceará é um dos maiores do Brasil em virtude do grande favorecimento dos ventos e dada a importância da caracterização dos recursos eólicos da região Nordeste, o Centro Brasileiro de Energia Eólica - CBEE, com o apoio da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT lançou, em 1998, a primeira versão do Atlas Eólico do Nordeste do Brasil (WANEB – Wind – Atlas for the Northeast of Brazil *apud* CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA, 2003) com o objetivo principal de desenvolver modelos atmosféricos, analisar dados de ventos e elaborar mapas eólicos confiáveis para a região.

O Governo do Estado de Ceará estima que em toda a extensão do litoral, essa potência chegue a 6 Gw e, juntando-se ao litoral do Rio Grande do Norte, o potencial eólico-elétrico dessa área equivaleria à hidrelétrica de Itaipu, ou seja de 12 Gw, o que corresponde a 25% da oferta de energia para todo o Brasil. O Ceará e o Rio Grande do Norte são líderes no País em potencial eólico (CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA, 2003).

Mas atualmente até julho do 2002 em todo o Brasil, foram autorizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) projetos de energia eólica totalizando

cerca de 5,6 Gw. Para a região nordeste 4,6 Gw que representa o 81% a nível nacional e no estado de Ceará 1,9 Mw que representa o 41,7 % da energia do nordeste (NIOAC, 2004). Atualmente a força eólica no Ceará está representada por os três parques eólicos.

5.1 Parque eólico da Taíba – Ceará

Situada no litoral oeste do Estado do Ceará, na praia da Taíba - município de São Gonçalo do Amarante, a Usina Eólio-elétrica da Taíba é a primeira do mundo construída sobre dunas de areia. Foi implantada em 6 meses e inaugurada em janeiro de 1999. A Usina Eólica da Taíba é uma unidade produtora independente de energia elétrica, com 10 aerogeradores ENERCON E-40/500 Kw, sendo que toda a energia produzida é adquirida pela Companhia Energética do Ceará - COELCE. Apresenta uma capacidade total instalada de 5 Mw. A energia elétrica anual produzida é da ordem de 17.5 milhões de Kwh, suficiente para suprir de forma limpa e renovável as necessidades domiciliares de uma população de cerca de 50 mil pessoas (WOOBEM, 2004).

5.2 Parque eólico da Prainha – Ceará

Situada no litoral leste do Estado do Ceará, na localidade denominada Prainha, município de Aquiraz, a Usina Eólio-Elétrica Prainha é uma das maiores do gênero da América do Sul. Foi implantada em 7 meses e inaugurada em abril de 1999. É uma unidade produtora independente de energia elétrica, com 20 aerogeradores ENERCON E-40/500 Kw, sendo que toda a energia produzida é adquirida pela Companhia Energética do Ceará - COELCE. Com capacidade total instalada de 10 Mw, sua produção anual de energia elétrica de forma limpa e renovável é da ordem de 35 milhões de Kwh, suficiente para suprir as necessidades domiciliares de uma população de cerca de 100 mil pessoas (WOOBEM, 2004).

5.3 Parque eólico do Mucuripe – Ceará

A COELCE, em Convênio de cooperação técnica com a Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF) e Companhia Docas do Ceará, e no âmbito da Secretaria de Infra-estrutura (SEINFRA), na época Secretaria dos Transportes, Energia, Comunicações e Obras e da Secretaria da Ciência e Tecnologia (SECITECE), projetou e construiu um parque eólico de 1,2 Mw em Fortaleza, na Praia Mansa, Porto do Mucuripe, com o objetivo de demonstrar a viabilidade técnico-econômica da geração de eletricidade em escala comercial no litoral do Ceará (CARVALHO e BARBEIRI, 2001). Mas a Wobben Windpower reorientou os aerogeradores e instalou 4 aerogeradores E-40/600 Kw no Parque Eólico do Mucuripe em Fortaleza, aumentando sua potência a 2,4 Kw (WOOBEM, 2004).

6. Aspectos de impacto meio ambiental dos aerogeradores

Estudos feitos pela DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION indicam que

os aspectos mais importantes e que foram preocupação pelo impacto no meio ambiente que pode causar a instalação de parques eólicos, e com experiência nos estudos feitos na Dinamarca são os seguintes:

6.1 Estética no meio ambiente

Os aerogeradores são sempre elementos visíveis na paisagem e as disposições geométricas simples em áreas planas são facilmente perceptíveis pelo espectador, as turbinas localizadas equidistantes ao comprimento de uma linha reta é uma boa solução. Em paisagens com fortes pendentes é melhor que as turbinas sigam o contorno da altitude da paisagem. Quando as turbinas estão situadas em várias filas, dificilmente é possível perceber a distribuição quando se olha o parque desde uma altura dos olhos normal. Só se se olha desde uma localização ao final de uma fila, aparece realmente como a distribuição ordenada.

Os grandes geradores permitem uma produção igual de energia com um menor número de aerogeradores, e as vantagens econômicas como menores custos de manutenção. Desde o ponto de vista estético, os grandes aerogeradores também supõem uma vantagem, porque geralmente têm uma velocidade de rotação menor que as turbinas menores, então as turbinas não chamam a atenção do mesmo modo que fazem objetos que se movimentam rapidamente.

A percepção da gente com respeito aos aerogeradores e a paisagem é uma questão de gosto, e numerosos estudos na Dinamarca, Reino Unido, Alemanha e os Países Baixos estão mais a favor dos aerogeradores que os habitantes das cidades, assim também até a publicação de um livro de paisagens é vendido com fotos de aerogeradores que pode ser adquirido em Birk Nielsens Tegnestue, Aarhus (Dinamarca), seu preço aproximado é de 150 coronas danesas, gastos de envio não inclusos (DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION).

6.2 Som dos aerogeradores

A emissão do som dos desenhos de aerogeradores pode variar de acordo ao design como por exemplo aerogeradores de pontas de palas mais silenciosas, e atualmente, os novos designs tentam reduzir as emissões de som. Além disso é importante a distância que se encontra com os vizinhos mais próximos. Nenhuma paisagem é sempre silenciosa por absoluto, por exemplo as aves e atividades humanas sempre emitem som e as velocidades do vento superiores de 4 a 7 m/s e outros barulhos cobrem gradualmente qualquer potencial sonoro dos aerogeradores, e também isto faz com que a medição exata do som dos geradores seja muito difícil.

A distinção entre o barulho e som é um fenômeno com alto fator psicológico e não é tão fácil elaborar um modelo simples e universal satisfatório do fenômeno do som, um estudo feito pelo instituto de investigação danes DK Teknik, indica que a percepção

do som dos aerogeradores está mais governada pela atitude da fonte do som que pelo som real em si mesmo.

As autoridades públicas em todo o mundo utilizam a denominada escala dB (A), ou decibelios (A), para quantificar as medidas de som, como se mostra na tabela seguinte:

| Nível do som | Umbral de audibilidade | Sussurro | Conversação | Trafego humano | Show de rock | Reator a 10 m. de distância |
|--------------|------------------------|----------|-------------|----------------|--------------|-----------------------------|
| dB(A) | 0 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |

Tabela No.1: Níveis de som em dB (A).

Fonte: DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION.

Os estudos feitos nos aerogeradores pela DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION observou que a uma distância de um diâmetro de rotor da base de um aerogerador emitindo 100dB(A) geralmente terá um nível de som de 55-60 dB(A), correspondente a uma secadora de roupa, a quatro diâmetros de rotor mais longe terá 44 dB(A), que corresponde ao som que se tem em uma tranqüila sala de estar, e a uma distância de 6 diâmetro de rotor (260 m.)terá aproximadamente 40 dB(A).

6.3 Colisão de aves

As aves batem freqüentemente com linhas aéreas de alta tensão, mastiles, postes e janelas de edifícios e também morrem atropeladas por automóveis e nem tanto pelos aerogeradores. Estudos feitos com radar em Tjaereborg, na parte ocidental de Dinamarca, onde há instalado um aerogerador de 2MW com um diâmetro de rotor de 60 metros, mostra que as aves no dia e na noite mudam de rota de vôo uns 100-200 metros antes de chegar à turbina e passam sobre ela a uma distância segura. Quando se levantam parques eólicos se deverá ter em conta as espécies próximas em questão e considerar as rotas migratórias das aves, mas um estudo das aves realizada em Yukon no norte de Canadá mostra que as aves migratórias não batem com os aerogeradores (CANADIAN WIND ENERGY ASSOCIATION CONFERENCE, 1997 *apud* DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION).

7. Metodologia da pesquisa

A abordagem utilizada foi o estudo das usinas eólicas no Ceará e as experiências e estudos de usinas de países com experiências como: Dinamarca, Reino Unido, Alemanha, Estados Unidos e os Países Baixos.

A escolha do tema da pesquisa ocorreu por considerar a poluição das geradoras de energia que precisam da queima de combustíveis ou de grandes modificações na natureza para construção de usinas. Como há outras alternativas de geração de energia que poluem menos o meio ambiente, outras energias da natureza são pouco

aproveitadas, podendo-se obter grandes benefícios. Para este tipo de gerador de energia eólica se precisa de um recurso renovável: o ar e que é uma característica boa do clima do estado de Ceará, que em outros estados do Brasil ou cidades em outros países não se acho, combinado às novas tecnologias de geração alternativa que estão tomando auge e aceitação cada vez mais no mundo, portanto, despertou um interesse de estudar com maior profundidade o assunto.

No primeiro momento realizou-se uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de conhecer as tecnologias da engenharia eólica, outras fontes alternativas renováveis e artigos sobre estudos em outros países com alto desenvolvimento. A pesquisa bibliográfica é a preparação para se fundamentar para trabalhos escritos ou orais (ANDRADE, 1995) e esta é a etapa que tem como finalidade colocar o pesquisador em contato direto com tudo que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto (MARCONI e LAKATOS, 1999). Pesquisa-se literatura nos sites de empresas e instituições de países com grande experiência, os quais desenvolveram pesquisas e projetos de usinas de fontes de energia eólica e usinas de Ceará.

“A pesquisa é classificada como descritiva, pois visa a descrever as características de grupos relevantes, determinando as percepções dos entrevistados” (MALHOTRA, 2001, p. 107). Entrevistando-se ao pessoal técnico da usina da Taíba localizada no Ceará para obter informação de quais são os planos da empresa para com seus objetivos e a responsabilidade que tem com o meio ambiente e também entrevistas aos moradores mais próximos a dito parque eólico para conhecer se acontecem problemas contra sua moradia ou meio ambiente.

Os instrumentos de coletas de dados foram: um guia de entrevista contendo questionamentos sobre as vantagens e desvantagens que tem as energias alternativas eólicas, as perspectivas nos próximos anos, se é viável economicamente para o Brasil e outros mais que ajude a obter a informação que se precisa, descrita no parágrafo anterior. O instrumento utilizado foi um guia de entrevista, para a sua criação foi usada a seguinte estratégia, a partir da leitura de informação em livros, artigos e pesquisas encontradas na internet. Com esse mapeamento em mãos, identificaram-se os procedimentos mais similares com a organização estudada, com o intuito de identificar que esses procedimentos estavam também acontecendo na instituição em questão.

Passada a fase de pesquisa bibliográfica e definida a ferramenta de coleta de dados da etapa de pesquisa de campo, deu-se início a um estudo de caso, no qual foi selecionado o parque eólico da Taíba de forma não probabilística, por conveniência, por ser o parque eólico mais próximo a um povoado, os outros parques de Mucuripe e Parinha ficam mais distantes das residências.

A análise dos dados foi realizada de forma descritivo-qualitativa, onde os procedimentos qualitativos visam compreender e classificar processos dinâmicos vividos por grupos sociais, contribuir no processo de mudança de determinado grupo e

possibilitar, em maior nível de profundidade, o entendimento de particularidades do comportamento dos indivíduos, para nossa pesquisa estes indivíduos são os responsáveis pela gestão das usinas (GIL, 1991). Para concluir o trabalho, será apresentado o resultado da pesquisa por meio da descrição realizada pelos gestores das instituições entrevistadas e a informação de pesquisas e projetos encontrados na pesquisa bibliográfica.

8. Analise Do Parque Eólico Da Taíba

De acordo com a pesquisa bibliográfica e exploratória deste trabalho, se encontra aspectos importantes considerados nas construções dos parques eólicos de países com grandes experiências, que se preocuparam em fazer estudos preliminares de tipo técnicos e financeiros, neste trabalho se analisaram os aspectos técnicos que podem gerar mais impacto no meio ambiente e que foram analisados em estudos feitos mostrados por empresas Alemãs e Dinamarquesas.

No Ceará, existe uma preocupação pelos recursos naturais e as necessidades de gerar energia elétrica, quando a COELCE precisando de maiores fontes de fornecimento de energia elétrica em conjunto com as autoridades do estado de Ceará, se decidiram a fazer uso de outras alternativas de geração de energia, aproveitando as qualidades das condições ambientais para tecnologias alternativas, os recursos eólicos têm resultados de estudos favoráveis, como se mostrou anteriormente no atlas eólico do nordeste, um dos lugares favorecidos para a construção de um parque eólico é a Taíba no município de São Gonçalo de Amarante, onde a empresa Woobem de Alemanha edificou 10 aerogeradores ENERCON E-40/500 Kw com um total de 5 MW.

O resultado da pesquisa exploratória foi feito por uma amostragem não probabilístico por conveniência para obter os dados de um total de 40 entrevistados e fazer uma análise dos aspectos mais importantes de preocupação pelo impacto ambiental descritos pela DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION, o parque eólico da Taíba localiza-se aproximadamente a 500 metros da população mais próxima, e o aspecto estético ambiental do parque segundo todos os 40 entrevistados não é de desgosto da população e todos consideram que é um atrativo paisagista sobre as dunas de areia, que chama a atenção aos moradores e também de muitos turistas que visitam as praias da Taíba.

Comprovou-se que os efeitos de som gerados pelos aerogeradores não podem ser percebidos pelos 40 entrevistados dos povoados mais próximos a 500 metros e também se comprova que a partir dos 100 metros de distância ao parque eólico não se escuta mais o som dos aerogeradores, a pesar que atualmente os engenheiros construtores garantam que os aerogeradores mais modernos são silenciosos a 200 metros da turbina, não se ouve mais o barulho do movimento das pás, e o barulho mecânico que foi praticamente eliminado (GRAHAM, 1999). Considerando que quando se percebe o som a distâncias mais próximas elas, têm característica que se encontram em níveis de decibéis toleráveis como se indicou na tabela 1, mostrada anteriormente e para o ouvido

humano nada desagradável.

Afortunadamente não existem preocupações de aves que colidam com os aerogeradores, porque não se encontram evidências de mortes, por não estar aparentemente numa rota de migração, e igualmente não se encontro pronunciamento do IBAMA por morte de espécies, dentro dos relatórios de impacto ambiental – RIMAS. Mas de ser assim já existem estímulos visuais e auditivos, que os pássaros reconhecem e os humanos não, e poderiam contribuir à redução das colisões nas torres ou nas pás da turbina, como são feitos em alguns parques eólicos dos Estados Unidos.

Conclusão

Os parques eólicos são atualmente, uma realidade no Ceará, e os benefícios que eles trazem ao não poluir o meio ambiente para o estado, visam a importância de utilizar-se novas fontes de energia renováveis, para geração de energia elétrica. Geradoras de tipo hidroelétrica e térmica contribuem com a poluição, além de utilizar fontes de recursos não renováveis e esgotáveis. Está demonstrado que o ar sendo um recurso natural inesgotável e renovável, o seu aproveitamento só dependerá das condições da velocidade deste e o Ceará segundo estudos mostrados é um lugar com localização vantajosa pelas velocidades de ar, suficientes para fazer virar as hélices dos aerogeradores.

Fonte das pesquisas que países com grande desenvolvimento e que foram analisados no parque eólico da Taíba, mostram que a realidade dos aerogeradores são totalmente inofensivas para o meio ambiente, como nos aspectos de ruído, estética ambiental e morte de espécies animais, mostrando que a construção de mais parques eólicos será muito favorável para o meio ambiente e o Ceará, apesar dos altos custos de investimento, mas empresas de capital estrangeiro como a Wobben aposta em que é um investimento rentável, e que com a autorização da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), se construíam mais parques eólicos. Também se descobriu que é um bom atrativo turístico, considerando que o Ceará é um estado nordestino com alta frequência de visitas turísticas.

Referencial

AB'SABER, Aziz Nacib. *Previsão de impactos ambientais nos projetos de usinas hidroelétricas na Amazônia brasileira*. São Paulo: Instituto de Biociência, Letras e Ciências Exatas, 1991.

ALDABÓ, R. *Energia Eólica*. São Paulo: Artliber, 2002.

BARBIERI, Jose Carlos. *Gestão Ambiental Empresarial*. São Paulo: Saraiva, 2004.

BENEDUCE, Fabio Cesar Aidar. *A sociedade Energética e o meio ambiente*. Ceará:

Instituto Tecnológico e Vocacional de Aquiraz, 2000.

CARVALHO, Allene Lagel e BARBIERI, Jose Carlos. *Avaliação de Projetos para o Desenvolvimento Sustentável: Uma análise do Projeto de Energia Eólica do Estado do Ceará com base nas dimensões da sustentabilidade*. ENCONTRO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE POSGRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO-ENANPAD, 2001, Campinas-SP *Anais...* Campinas: ANPAD, 2001.

CCPE - MINISTERIO DE ENERGIA E MINAS. Sumario Executivo: *plano decenal de expansão 2003 – 2012*. Brasília, 2002.

CENTRO BRASILEIRO DE ENRGIA EOLICA. *Energia eólica*, 2003. Disponível em: <<http://www.eolica.com.br/pg-principal.html>> Acesso em 03/02/2005.

CHIEFTAIN. General Electric, *Local Utilities Develop Wind Power Energy Project in Colorado* Jun. 16, 2003.

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION. *Wind power*. Disponível em: <<http://www.windpower.org>> Acesso em 03/02/2005.

EWEA, *Wind Power Expands 23% in Europe But Still Only a 3-Member State Story*, In: News Release, The European Wind Energy Association, Europa, 2004.

ENERGY CUSTOMWIRE. *Ghana has 2 000 Megawatt Wind Power – Energy Commission*, mai.03, 2005.

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1996.

GIPE, Wind Energy Basics. *A Guide to Small and Micro Wind Systems*. Estados Unidos da América: Chelsea Green Publishing Company, 1999.

GOVIERNO DE ESTADO DE SÃO PAULO. *Avaliação de Impacto Ambiental*. São Paulo: SEMA-SP, 1998.

GRAHAM,I. *Energy Forever ? Wind Power*, New York, Raintree Steck-Vaughn, 1999.

GREENPOWER. *Colorado Wind Power News*, 1998. Disponível em: <www.cogreenpower.org> Acesso em 11/01/2005.

HEIER, Siegfried. *Wind Energy Conversion Systems*. Germany: John Wiley & Sons Chichester, 1998.

HONTY, Ceuta Gerardo. *Impactos ambientales del sector energético en el Mercosur. Estudio preparado para la comisión de sindicatos del sector energético del Mercosur (COSSEM) - Centro de Estudios Uruguayo de Tecnologías Apropriadas*. Montevideo,

2001.

MAIA, Nilson Bonilla, *et al.* *Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações*. São Paulo: Educ, 2001.

NIOAC, Ana Claudia. *Metodologias de análise de risco para avaliação financeira de Projetos de geração eólica*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Rio de Janeiro, MSC, RJ, 2004.

PEREIRA, Maurício Fernandes; CUNHA, Myriam Siqueira da; PEREIRA, Luciana Fernandes. *Tecnologias limpas : uma postura empresarial*. In: XVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (1997: Gramado) in anais ... São Paulo : CD ROM, 1997.

PONTESS, Santos E. *Centrales Eléctricas*. Barcelona: Gustavo Gili, 1971.

SEMACE. *A. Protecção ambiental sob a ótica dos municípios do estado do Ceará*. Fortaleza, 1993.

TOLMASQUIM, M. T. *Fontes Renováveis de Energia no Brasil - CENERGIA*. Brasil: Interciência, 2003.

WOOBEM. *Wind Power*. 2004 Disponível em:
<<http://www.wobben.com.br/wobben.htm> > Acesso em 03/02/2005.

WOBBEN WINDPOWER IND. E COM. LTDA. *Usina eólica da Taíba – São Gonçalo do Amarante - Ceará. Relatório de Impacto Ambiental - EIA – Volume I*. Fortaleza: Geoconsult, 1997.

WOBBEN WINDPOWER IND. E COM. LTDA. *Usina eólica da Taíba – São Gonçalo do Amarante - Ceará. Relatório de Impacto Ambiental - RIMA – Volume II*. Fortaleza: Geoconsult, 1997.