



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**FEAACS – FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA,**  
**CONTABILIDADE E SECRETERAIADO EXECUTIVO.**  
**DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA**  
**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**SAMILA SAMPAIO VASCONCELOS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS USINAS EÓLICAS NO LITORAL**  
**CEARENSE**

**FORTALEZA**

**2013**

**SAMILA SAMPAIO VASCONCELOS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS USINAS EÓLICAS NO LITORAL  
CEARENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas do Departamento de Teoria Econômica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Aécio Alves de Oliveira

**FORTALEZA**

**2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca da Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade

---

V451i Vasconcelos, Samila Sampaio.  
Impactos socioambientais das usinas eólicas no litoral cearense / Samila Sampaio  
Vasconcelos - 2013.  
70 f.: il.

Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Economia,  
Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de Ciências Econômicas, Fortaleza,  
2013.

Orientação: Prof. Aécio Alves de Oliveira.

1.Energia eólica 2.Economia ecológica 3.Economia I. Título

**SAMILA SAMPAIO VASCONCELOS**

**IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS USINAS EÓLICAS NO LITORAL  
CEARENSE**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas do Departamento de Teoria Econômica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Aécio Alves de Oliveira (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Agamenon Tavares de Almeida  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Carlos Américo Leite Moreira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Em especial à minha amada Mãe Maria do Socorro Vasconcelos Paiva (*in memoriam*), que não teve a oportunidade de presenciar o meu ingresso na faculdade, mas tenho certeza que ajudou, apoiou e torce de onde ela está, para que alcance e tenha sucesso nesta nova jornada.

Meu pai José Sampaio e irmãos Silvia Helena e Elias, que compartilharam das minhas alegrias e tristezas, pela felicidade de tê-los como incentivadores de meu aprendizado e me ajudarem a crescer, vocês são a minha maior fonte de energia.

## **AGRADECIMENTOS**

A DEUS, primeiramente, por sempre iluminar meus caminhos e por fazer com que mais esse sonho se realize. As minhas intercessoras Santa Rita e Nossa Senhora das Graças, obrigado pela força.

A Universidade Federal do Ceará pela excelente formação e por ter sido minha segunda casa.

Ao meu orientador Aécio Alves de Oliveira pelo seu empenho e dedicação nas diversas análises deste trabalho.

Aos professores Agamenon Tavares de Almeida e Carlos Américo Leite Moreira por terem aceitado compor a banca de minha monografia.

Aos meus colegas de faculdade pelo companheirismo ao longo desses anos de FEEACS, especialmente meu grande amigo de Greyscow, Fred (He-Man), meu irmão gêmeo. E também Mônica, Cintia, Natália Varela, Davi, Roberta e Kelly.

As minhas amigas desde a época da escola, Lili e Thalita. E ao meu amigo de muitos anos “Louro”.

“Caro amigo leitor  
Peço um pouco de atenção  
Para ouvir esta história  
De cortar o coração  
A briga pelos ventos  
Na nossa região  
O povo acreditou  
Em tudo que prometeu  
Queria emprego e renda  
Mas não foi que aconteceu  
Surgiram vários problemas  
Cada um do jeito seu  
A coisa foi mudando  
Na nossa comunidade  
Muita gente reclamando  
Das próprias autoridades  
Que não faziam nada  
Para mudar a realidade  
Acabou nosso sossego  
Tiraram a tranquilidade  
Poeira, caçamba e lama.  
Era a realidade  
Desse projeto eólico  
Que vinha da cidade”

João Luís Joventino do  
Nascimento

## **RESUMO**

A proposta de se criar novas soluções para o problema das alterações climáticas e com a segurança das matrizes energéticas se tornou um requisito fundamental para acompanhar as transformações no qual o mundo vem passando nas últimas décadas. Neste contexto a energia eólica que vem crescendo sua participação como matriz energética no cenário internacional se tornou um importante instrumento de energia renovável para amenizar os impactos causados pela má utilização das fontes de energias no mundo como os poluentes e o aumento do aquecimento global. A introdução da energia eólica no Brasil especialmente no Ceará é bem recente e as políticas para incentivar esse setor ainda estão sendo trabalhadas e definidas. Neste trabalho será visto a evolução da energia eólica no Brasil e no mundo. Esta pesquisa analisa as principais fontes de energia consumidas pelos principais setores da economia, além de serem analisados os impactos e conseqüentemente os conflitos da instalação do setor eólico no Brasil e no estado do Ceará e como a instalação desse setor pode contribuir para o desenvolvimento do país.

**Palavras-chave:** Energia Eólica, Matriz Energética, Energia Renovável, Brasil, Ceará.

## **ABSTRACT**

The proposal to create new solutions to the problem of climate change and security of energy matrices became a key to follow the transformations in which the world has undergone in recent decades requirement. In this context, wind power has been growing its participation as an energy source in the international arena has become an important means of renewable energy to mitigate the impacts caused by improper use of renewable energies in the world as pollutants and increased global warming. The introduction of wind power in Brazil especially in Ceará is very recent and policies to encourage this sector are still being worked out and defined. Here it will be seen the evolution of wind power in Brazil and worldwide. This research analyzes the main sources of energy consumed by major sectors of the economy, and are therefore analyzed the impacts and conflicts of the wind sector facility in Brazil and in the state of Ceará and how to install this sector can contribute to the country's development.

**Keywords:** Wind Energy, Energy Sources, Renewable Energy, Brazil, Ceará.

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<b>Figura 1 - Funcionamento de uma usina hidrelétrica.....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2 - Componentes de um aerogerador.....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 3 - Aerogeradores offshore.....</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4 - Componentes de um painel fotovoltaico.....</b>	<b>20</b>
<b>Figura 5 - Célula solar.....</b>	<b>21</b>
<b>Figura 6 - Placas Coletoras residenciais.....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 7 - Fontes de biomassa.....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 8 - Usina geotérmica.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 9 - Usina maremotriz.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 10 - Produtos derivados do petróleo.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 11 - Carvão mineral.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 12- Funcionamento de uma usina nuclear.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 13 - Usina termoelétrica.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 14 - Localização regional aproximada das usinas eólicas no Litoral Cearense.....</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 1: Países com maior capacidade eólica instalada no primeiro semestre de 2013 e no ano de 2012.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabela 2: Capacidade eólica instalada por estado no primeiro semestre de 2013.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabela 3: Parques eólicos do Estado do Ceará.....</b>	<b>54 e 55</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1: Comparativo do consumo de Combustíveis fósseis entre 1973 e 2011.....</b>	<b>38</b>
<b>Gráfico 2: Composição setorial do consumo mundial de petróleo entre 1973 e 2011.....</b>	<b>40</b>
<b>Gráfico 3: Composição setorial do consumo mundial de carvão entre 1973 e 2011.....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 4 : Composição setorial do consumo mundial de gás natural entre 1973 e 2011.....</b>	<b>42</b>
<b>Gráfico 5: capacidade de energia eólica instalada no Brasil.....</b>	<b>50</b>
<b>Gráfico 6: Matriz elétrica brasileira no primeiro semestre de 2013.....</b>	<b>51</b>

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS E TABELAS.....	09
LISTA DE GRÁFICOS.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. ENERGIA.....	15
2.1 Introdução.....	15
2.2 Tipos de energia.....	16
2.3 Energias renováveis.....	16
2.3.1 Energia hidrelétrica.....	16
2.3.2. Energia eólica.....	17
2.3.3 Energia solar.....	20
2.3.4 Biomassa.....	23
2.3.5. Energia geotérmica.....	24
2.3.6. Energia das ondas e marés.....	25
2.4. Tipos de energia não renováveis.....	26
2.4.1 Energia do petróleo.....	26
2.4.2. Energia do carvão.....	28
2.4.3 Energia do gás natural.....	29
2.4.4 Energia nuclear.....	30
2.4.5 Energia termoelétrica.....	31
3. COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS.....	34
3.1 Introdução.....	34
3.2 As origens da dependência aos combustíveis fósseis.....	34
3.3 As guerras pelo monopólio do petróleo.....	35
3.4 O cenário energético mundial pós-crise do petróleo de 1973.....	38
3.5 O consumo mundial de energia fóssil.....	39
3.5.1 Petróleo.....	40
3.5.2 Carvão.....	40
3.5.3 Gás Natural.....	42
3.6 A evolução das energias renováveis.....	43
4. ENERGIA EÓLICA.....	45
4.1 Introdução.....	45
4.2. Energia eólica no mundo.....	45
4.3 Panorama mundial.....	47
4.3.1 Europa e Ásia.....	47
4.3.2 América.....	47
4.3.3 Oceania e África.....	48
4.4 Energia eólica no Brasil.....	48
4.4.1 Políticas e programas governamentais.....	51
4.4.2 A evolução recente da energia eólica no Brasil.....	52
4.5. Histórico e evolução recente da energia eólica no Ceará.....	56

<b>4.6 Impactos socioambientais das usinas eólicas na planície costeira do Ceará.....</b>	<b>57</b>
<b>4.6.1 Impactos ambientais em áreas de preservação permanente (APP's).....</b>	<b>57</b>
<b>4.6.2 Conflitos no Litoral do Ceará: Acaraú.....</b>	<b>58</b>
<b>4.6.3. Aracati.....</b>	<b>59</b>
<b>5. Considerações Finais.....</b>	<b>62</b>
<b>6. Referências.....</b>	<b>64</b>

## 1. Introdução

No mundo moderno, o desenvolvimento dos recursos energéticos tem se tornado essencial em todos os setores da economia. Porém, mais de 80% dos recursos naturais utilizados para geração de energia atualmente são oriundos de combustíveis fósseis que possuem grande densidade energética, mas liberam grande quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera colaborando, para ao efeito estufa e o aquecimento global nos últimos anos. A dependência mundial destes combustíveis iniciou-se com a disseminação do uso do carvão na primeira revolução industrial (1760-1850). Nesta ocasião o mineral começou a ser largamente utilizado devido a seu grande potencial calorífico que, por meio da combustão alimentava as fornalhas industriais e as locomotivas.

A partir de meados de 1913, o petróleo começou a ser amplamente utilizado nos transportes e posteriormente como matéria prima de muitos materiais essenciais como o plástico, parafina, piche, ceras, asfalto. Entretanto, na década de 1970, grande parte dos países já estava tão dependente do “ouro negro” que vivenciaram uma recessão quando as nações produtoras de petróleo resolveram corrigir o preço do produto. A partir desta década, intensificaram-se as pesquisas para encontrar fontes energéticas que fossem abundantes e menos poluentes.

Atualmente, além do petróleo, o gás natural e dos biocombustíveis estão sendo utilizados no setor de transportes. Para a geração de energia elétrica passaram a ser utilizada a força das águas, dos ventos, o calor da terra, das marés, a combustão de biomassa além da queima do carvão. Dentre essas fontes renováveis a energia gerada pela força dos ventos vem ganhando destaque nos últimos anos. No primeiro semestre do ano de 2013, todas as turbinas eólicas instaladas no mundo geraram em torno de 3,5% da demanda mundial de eletricidade. (WWEA, 2013).

No Brasil, a energia eólica expandiu-se nos últimos anos devido ao Programa De Incentivo às Fontes Alternativas De Energia Elétrica – PROINFA que proporcionou o aumento da participação das fontes de energia renováveis na matriz energética nacional, em especial a fonte eólica. O País passou, em pouco mais de 3 anos, de apenas

cerca de 22 MW de energia eólica instalada, para os atuais 2.788 MW instalados. (GREWPEDIA, 2013).

O Ceará gerou 588,8 MW, instalada no país no primeiro semestre de 2013 (Aneel /ABEEólica), 2013. No final deste semestre, o Estado havia instalado possuir 25 parques eólicos na zona costeira. Porém, o modo como estes parques estão sendo implantados têm ocasionado muitos conflitos entre as empresas eólicas e as comunidades que nas faixas litorâneas.

O objetivo deste trabalho é estudar os impactos socioambientais que esses parques estão causando nas comunidades litorâneas do Ceará. Utilizou-se de uma metodologia baseada em pesquisa bibliográfica recorrendo a artigos científicos, livros, jornais, revistas, sites especializados que discorrem sobre os conflitos causados pela implantação de aerogeradores. A monografia limitou-se aos danos causados às Áreas de Preservação Permanente (APP's), em Acaraú, e a destruição dos sítios arqueológicos em Aracati.

## 2. Energia

### 2.1 Introdução

A palavra energia origina-se do grego *érgon*, que significava trabalho. Assim, *en + érgon* queria dizer, na Grécia Antiga, "em trabalho", "em atividade", "em ação". Ou seja, quando um corpo produz um trabalho ou desenvolve uma força, ele produz energia. Energia designa o potencial inato para executar trabalho ou realizar uma ação. Também pode designar as reações de uma determinada condição de trabalho, como por exemplo, o calor que é gerado por um trabalho mecânico (Civita, 1979, *apud* Marques, 2007).

Existem diversas formas em estado potencial, ou seja, disponível. Por exemplo, as águas de um rio têm energia potencial; uma pedra no alto de uma montanha também. Quando a pedra rola, ou quando as águas do rio caem em cascata, sua energia potencial se transforma em energia cinética capaz de exercer uma força e movimentar outros corpos.

A queima de recursos naturais, como carvão ou petróleo, gera energia térmica também chamada de calor. Existe ainda a energia radiante ou a energia de radiações eletromagnéticas, como a luz e o calor do sol, as ondas de rádio e televisão. A energia química, por sua vez, é a energia liberada ou formada por uma reação química, como acontece com as pilhas e baterias.

No mundo moderno o desenvolvimento dos recursos energéticos tem se tornado essencial à indústria, agricultura, transportes, telecomunicações, dentre outros setores. Porém, o aproveitamento que o Homem faz da energia causa impactos significativos sobre o meio em que habita. A construção de um pequeno açude ou de uma grande represa; de um moinho de vento ou de um parque eólico; implica sempre uma transformação do meio e um significativo impacto ambiental e social.

A energia, portanto, constitui-se um fator fundamental para a satisfação de grande parte das necessidades do Homem. Daí porque muitos esforços foram desenvolvidos na busca da apropriação e controle de sua conversibilidade, ou seja, no processo de obtenção de formas de energia que melhor se ajustassem às demandas. No presente capítulo, faz-se apenas uma breve descrição dos vários tipos de energia até então utilizados pelo Homem, vinculando-os aos recursos naturais que lhes servem de fonte. A descrição servirá para familiarizar o leitor com a tipologia de modo a facilitar o entendimento da composição da matriz energética que se consolidou no século XX.

## **2.2 Tipos de energia**

Os recursos físicos são resultantes de ciclos do planeta Terra. A capacidade de recomposição de um recurso, em determinado período de tempo, tem sido o principal critério para sua classificação. Podem ser renováveis, ou reprodutíveis, e não renováveis também conhecidos como exauríveis, esgotáveis ou não reprodutíveis. O solo, o ar, as águas, as florestas, a fauna e a flora são considerados recursos naturais renováveis, pois seus ciclos de recomposição são compatíveis com o horizonte de vida do homem.

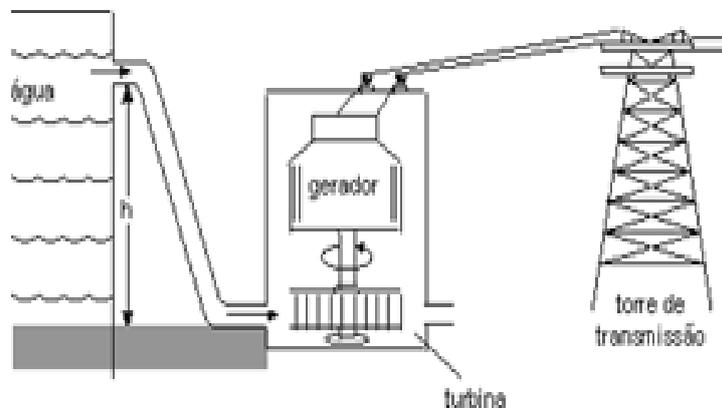
Os minérios em geral, os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) são tidos como não renováveis, uma vez que são necessárias eras geológicas para sua formação. Os tipos de energia são classificados de acordo com o recurso natural de que se origina. São ditos renováveis, quando sua fonte é um recurso renovável; e não renováveis, quando obtida de uma fonte natural não renovável, ou que possui um processo de renovação e regeneração muito lento.

## **2.3 Energias renováveis**

### **2.3.1 Energia hidrelétrica**

A energia hidrelétrica emana do ciclo hidrológico da água, aproveitando a força gravitacional contida em uma represa elevada. A potência gerada é proporcional à altura da queda e vazão do líquido.

**Figura 1- Funcionamento de uma usina hidrelétrica**



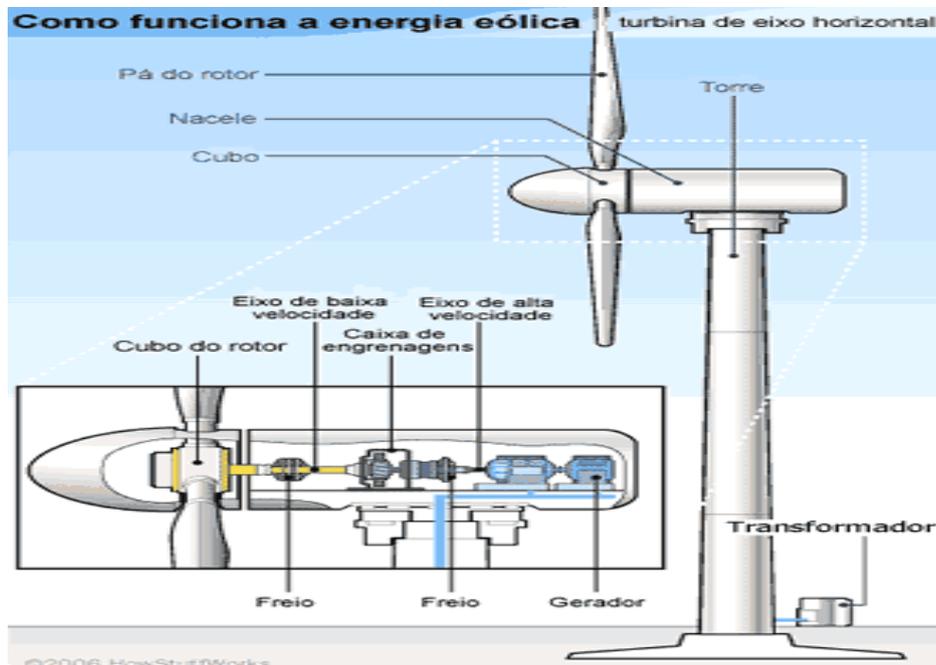
Fonte: <http://www.padogeo.com>

Em uma usina hidrelétrica, a energia potencial transforma-se em energia cinética, quando a água desaba de uma barragem e faz girar uma turbina ligada por um eixo a um gerador que entra em movimento de rotação uniforme. No gerador, a energia cinética é transformada em energia elétrica. A energia produzida passa por diversas subestações, onde transformadores aumentam ou diminuem sua voltagem, alterando a tensão elétrica. No início do percurso, os transformadores elevam a tensão, evitando a perda excessiva de energia. Quando a eletricidade chega perto dos centros de consumo, as subestações diminuem a tensão elétrica, para que ela possa chegar às residências, empresas e indústrias existentes em regiões distantes. As usinas possuem um tempo médio de vida que pode chegar a 100 anos. Esse tipo de produção não emite resíduos poluentes e nem gases perigosos. Porém, a construção de uma usina hidrelétrica provoca problemas socioambientais, como a destruição da vegetação nativa, alteração do percurso dos rios, inundações de sítios arqueológicos e terras férteis, tremores de terra, assoreamento do leito dos rios, extinção de peixes e deslocamento de populações ribeirinhas e indígenas, que são obrigadas a se mudar por causa do alagamento decorrente da construção dos reservatórios.

### **2.3.2 Energia eólica**

Esse tipo de energia é produzido pela força dos ventos captada por um aerogerador, que são grandes turbinas com a forma de um catavento.

**Figura 2 - Componentes de um aerogerador**



Fonte: [www.fiec.com.br](http://www.fiec.com.br)

No aerogerador as pás do rotor capturam a energia do vento e a convertem em energia rotacional que é transmitida para o gerador. A caixa de engrenagens aumenta a velocidade do eixo entre o cubo do rotor e o gerador. O gerador usa a energia rotacional do eixo para gerar eletricidade usando eletromagnetismo. A unidade de controle eletrônico (não mostrada) monitora o sistema, desliga a turbina em caso de mau funcionamento e controla o mecanismo de ajuste para alinhamento da turbina com o vento. O controlador (não mostrado) move o rotor para alinhá-lo com a direção do vento; os freios detêm a rotação do eixo em caso de sobrecarga de energia ou falha no sistema.

A torre sustenta o rotor e a nacela (carcaça que abriga a caixa de engrenagens, o gerador e a unidade de controle eletrônico), além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo. Os equipamentos elétricos transmitem a eletricidade do gerador através da torre e controlam os diversos elementos de segurança da turbina.

Os sistemas eólicos podem ser instalados em terra (onshore) ou sobre o mar (offshore). Estes últimos apresentam a vantagem de aproveitarem ventos normalmente mais intensos. Porém, a geração no mar requer dispendiosas estruturas de suporte para as torres e sistemas submersos de transmissão de eletricidade, o que exige condições mais complexas de construção, manutenção e operação. As turbinas eólicas produzem energia com ventos a partir de 15 quilômetros por hora (km/h) até 90 km/h (IEA, 2009).

**Figura 3- Aerogeradores offshore**



Fonte: <http://minadeciencia.blogspot.com.br>

As turbinas eólicas constituem uma alternativa para diversos níveis de demanda. As pequenas centrais podem suprir as necessidades de pequenas localidades que não são atendidas pela rede geral de abastecimento, enquanto que as centrais de grande porte podem ser interligadas ao sistema mais amplo. Os parques eólicos também podem utilizados para outros fins, como agricultura e criação de gado. Porém, apesar dos pontos positivos, é preciso chamar a atenção para outras questões.

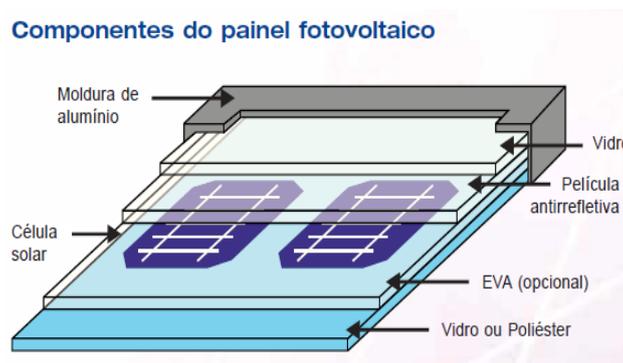
A não regularidade da formação dos ventos torna essa fonte de energia menos confiável que as convencionais. Apesar de não emitir gases poluentes nem gerar resíduos, esse tipo de energia causa poluição sonora, devido ao barulho gerado pelo fluxo do ar nas pás e nos mecanismos do gerador, além da poluição visual. São impactos negativos a serem levados em consideração. Ocorre também a mortalidade de aves por impacto nas pás das turbinas (acredita-se que os animais não conseguem

enxergá-las, quando em movimento). Por isso sua instalação não é recomendável em territórios de migração de aves, de reprodução de espécies e de proteção ambiental.

### 2.3.3 Energia solar

A energia solar é captada da radiação e luz do Sol. A transformação da energia solar para elétrica ocorre por meio fotovoltaico ou por coletores solares. A captura no modo fotovoltaico é feita por um painel composto de quatro camadas: uma peça de vidro plano, uma película antirrefletiva (para minimizar a luz refletida pelo vidro, que não pode ser aproveitada), a célula solar e uma camada de fundo, que pode ser também de vidro ou de um polímero como o poliéster. Dependendo do modelo e do fabricante (camadas de EVA podem ser usadas para proteção e vedação do sistema).

**Figura 4 – Componente de um painel fotovoltaico**



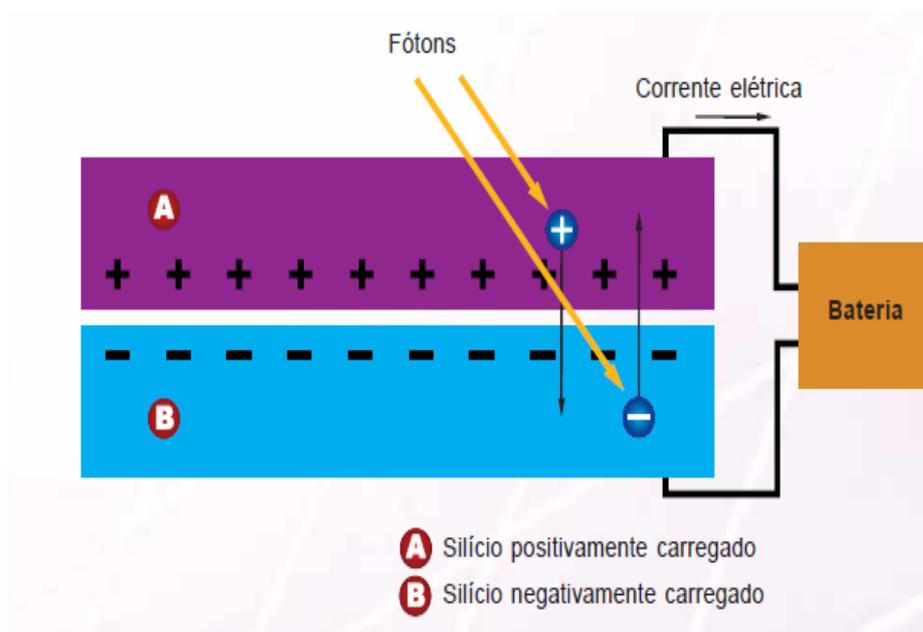
Fonte: <http://www.andiv.com.br>

Na estrutura do painel está uma grade de material rígido e condutor, como o alumínio, que transmite a energia elétrica. A célula solar é a parte mais importante dessa estrutura. Ela é composta, basicamente, de duas camadas de um mesmo material semicondutor enriquecidas com materiais diferentes. O melhor exemplo de material, atualmente utilizado na maioria dos painéis solares, é o silício. Uma célula solar tem duas camadas de silício: uma enriquecida com fósforo e outra enriquecida com boro.

O processo fotovoltaico começa quando a luz solar atinge o painel. Essa luz contém fótons (uma partícula elementar, como os nêutrons e elétrons). Quando os

fótons batem nas camadas de silício, eles forçam os elétrons a se separar de seus núcleos. Isso faz com que as duas camadas de silicone fiquem magneticamente carregadas.

**Figura 5 – Célula solar**



Fonte: <http://www.andiv.com.br>

É daí que se explica o fato de existirem duas camadas de silicone, cada uma contendo um elemento diferente: enquanto a camada de silicone com fósforo fica negativamente carregada, a de silicone com boro fica positivamente carregada. Isso faz com que elas criem um campo elétrico entre si. A junção entre as duas camadas, propositadamente, não permite que os elétrons da parte negativa encontrem com aqueles da camada positiva. Por isso, fios elétricos comuns são conectados a cada uma das camadas e unidos, ambos, a uma bateria. Assim, o circuito fica fechado: os elétrons saem de uma camada pelo fio, passam pela bateria, de lá para o outro fio e então chegam à outra camada. Essa passagem de elétrons gera uma corrente elétrica, que é armazenada na bateria conforme os elétrons vão passando por ela.

Os diversos painéis fotovoltaicos são conectados entre si por meio de fiação elétrica. Toda a eletricidade produzida por eles é conduzida à mesma bateria, podendo

passar por um inversor antes ou depois. O inversor é necessário porque a energia do tipo CC (corrente contínua), produzida pelo painel fotovoltaico, não é a mesma que alimenta prédios e residências, do tipo CA (corrente alternada).

A energia solar também pode ser captada por coletores que são placas absorvedoras que recebem radiação solar e aproveita o calor para aquecer depósitos de água. Essas placas são formadas por uma folha de vidro que fica sobre aletas, que são chapas feitas de metais de boa condutividade térmica, normalmente alumínio ou cobre, e os tubos que transportarão a água que são as chamados serpentinas. Quando a radiação solar passa pelo vidro irá esquentar as aletas que, além de boas condutoras térmicas, estarão pintadas com uma tinta especial de cor escura que ajuda no processo de aquecimento. Esse calor nas aletas passará para as serpentinas, fazendo então que a água seja esquentada, indo para o reservatório.

**Figura 6 – Placas Coletoras residenciais**



Fonte: <http://www.entrepreneurstoolkit.org>

Na geração de energia solar não ocorre poluição do ar, da água, emissão de odores e ruídos. E sua transmissão não necessita de linhas (cabos de alta tensão, postes, redes de distribuição), facilitando o aproveitamento em lugares de difícil acesso. Entretanto, as noites e os dias nublados limitam a quantidade de energia produzida.

### 2.3.4 Biomassa

A biomassa é a massa composta por matéria de origem vegetal e de organismos vivos: resíduos agrícolas, dejetos de animais, resíduos das indústrias florestais, resíduos urbanos (lixo), matéria orgânica de esgotos sanitários; culturas energéticas, como as provenientes de rotação de cultura, florestas energéticas (eucalipto e pinus), gramíneas (capim elefante), culturas de açúcar (cana-de-açúcar e beterraba), culturas de amido (milho e trigo) e oleaginosas (soja, girassol, colza, sementes oleaginosas, pinhão-manso e óleo de palma).

**Figura 7 – Fontes de biomassa**



Fonte: <http://biomassa-arfec.blogspot.com.br>

A biomassa pode ser transformada em energia com a queima do material, gerando alta temperatura em caldeiras, resultando num vapor de alta pressão normalmente utilizado para mover turbinas. A matéria orgânica pode gerar um combustível gasoso obtido da elevação de sua temperatura e ausência de oxigênio, produzindo um gás inflamável composto principalmente por hidrogênio e monóxido de carbono, utilizado tanto na geração de energia quanto na indústria química. Com a pirólise o material é submetido a temperaturas muito elevadas, com a ausência de oxigênio, resultando uma mistura de gases, líquidos (óleos vegetais) e sólidos (carvão vegetal). A fermentação é a fragmentação dos resíduos por uma bactéria anaeróbica que produz uma fusão de metano com dióxido de carbono. A conversão biológica se dá

quando o açúcar de cana e a beterraba são transformados em etanol com o uso de bactérias.

Essas formas de obtenção de energia oferecem menor poluição atmosférica, pois não emite dióxido de carbono e de enxofre. Proporciona economia, pois possui baixo custo de aquisição e de manutenção, e a produção de biomassa é extraordinariamente barata. Porém, a energia gerada pela biomassa possui um menor poder calorífico quando comparado a outros combustíveis. E em certos casos, como dos biocombustíveis, a produção depende de culturas sazonais.

### **2.3.5. Energia geotérmica**

É a forma de energia que provém do calor do núcleo terrestre. O vapor e a água quente encontradas em profundas cavidades são drenados para superfície através de tubos e canos movimentando mecanicamente turbinas e transformado em eletricidade através de geradores nas centrais geotérmicas.

**Figura 8- Usina geotérmica**



Fonte: <http://pulsoeletromagnetico.blogspot.com.br>

Podem suprir carências energéticas rapidamente, pois as centrais são instaladas em pouco tempo e em locais próximos às regiões de consumo, reduzindo o custo com torres e linhas de transmissão, além de demandarem pouco espaço. Entretanto, os fluxos geotérmicos possuem substâncias nocivas como o ácido sulfídrico ( $H_2S$ ), que exala odor desagradável e pode provocar náuseas e morte por asfixia.

### 2.3.6. Energia das ondas e marés

É o tipo de energia oriunda do movimento das ondas e mares oceânicos. O sistema utilizado para produção é semelhante àquele de uma usina hidrelétrica. As barragens são construídas próximas ao mar, e os diques são responsáveis pela captação de água durante a alta da maré. A água é armazenada e, em seguida, é liberada durante a baixa da maré, passando por uma turbina que gera energia elétrica.

**Figura 9 – Usina maremotriz**



Fonte: <http://meioambiente.culturamix.com>

É uma fonte energética inesgotável, constante e apresenta riscos mínimos ao meio ambiente. Porém, as centrais de produção elétrica só podem ser instaladas em locais que respondam às necessidades geomorfológicas necessárias, ou seja, é necessário um desnível entre marés bastante elevado (cerca de 5m). Geralmente o aproveitamento energético é baixo.

## **2.4 Tipos de energia não renováveis**

### **2.4.1 Energia do petróleo**

O petróleo é uma substância viscosa mais leve que a água composta de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) e se origina da decomposição de matéria orgânica pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio, ao longo de milhões de anos. São encontrados em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários. Na sua exploração é realizado um estudo detalhado do solo e subsolo para identificar a probabilidade de existência do combustível.

Quando encontrado, o local é marcado com coordenadas de GPS e, no caso do mar, também são colocadas boias na água. Depois é feita uma perfuração do primeiro poço para comprovar a existência. A extração é realizada de acordo com a quantidade de gás acumulado na jazida. Se a quantidade de gás for grande o suficiente, sua pressão pode expulsar por si mesma o óleo, bastando uma tubulação que comunique o poço com o exterior. Se a pressão for fraca ou nula, será preciso ajuda de bombas de sucção.

Quando o petróleo é retirado do subsolo, na sua forma bruta, ele vem cheio de impurezas. Para retirar essas impurezas, primeiramente se usam duas técnicas físicas de separação de misturas. Uma delas é a decantação, que consiste na separação dos componentes de uma mistura pela diferença de suas densidades. Como o petróleo é menos denso que a água, com o tempo a água tende a ficar na parte inferior e o petróleo na parte superior. Outra técnica física é a filtração, a qual é constituída pela passagem

da mistura por um filtro ou malha fina que retém as partículas maiores. Com esse processo de separação, podem ser retidas impurezas sólidas, como a areia e a argila.

Antes do refinamento, o petróleo passa por um exame laboratorial para que se saiba com mais precisão sua curva de destilação, ou seja, a temperatura que se deve operar para realizar a separação do líquido em frações. Nas refinarias, os processos físicos e químicos mais utilizados para o refinamento do petróleo são: destilação fracionada, destilação a vácuo, craqueamento térmico e reforma catalítica.

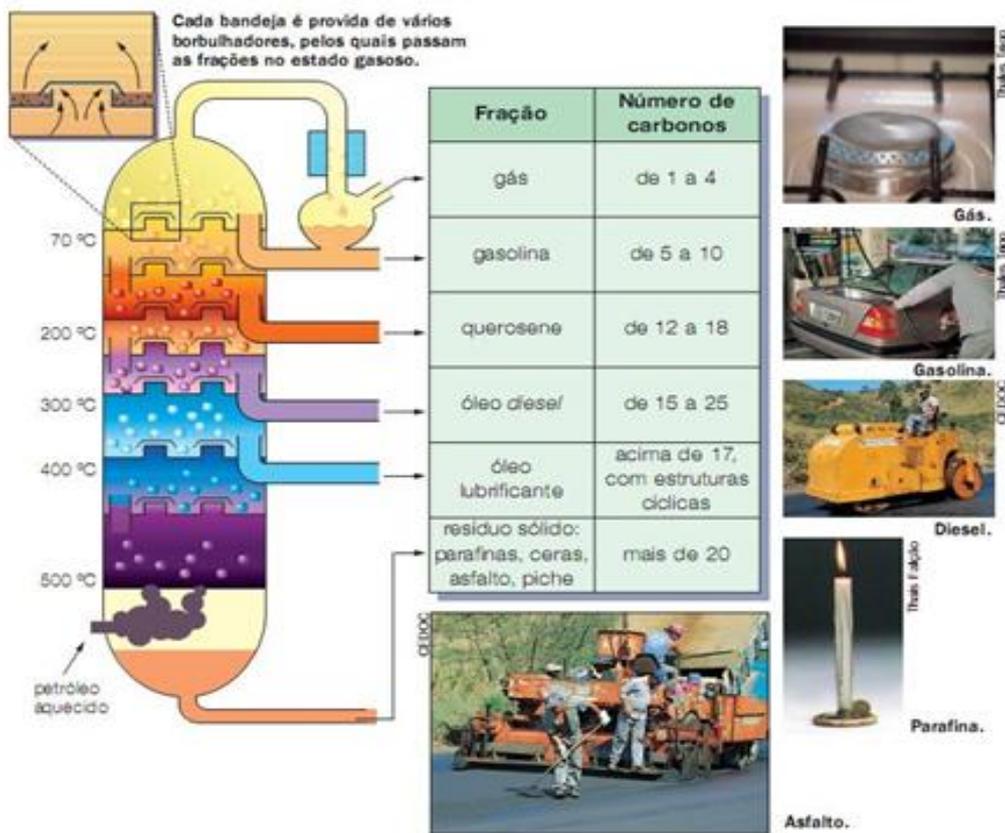
Segundo (Brasil, 2003), a destilação é o processo básico da separação do petróleo. Consiste na vaporização e posterior condensação devido à ação da temperatura sobre os componentes do óleo cru (petróleo), ou seja, à diferença de seus pontos de ebulição. Na destilação fracionada os hidrocarbonetos são submetidos à pressão atmosférica e produzem alguns produtos como gás, gasolina e querosene. Na destilação a vácuo os hidrocarbonetos são submetidos a uma pressão de 50-100 mm de Hg (7-13 kPa), obtendo-se, nesta etapa, produtos como graxa, parafina e betume.

De acordo com (ABADIE, 2003), o craqueamento térmico tem por finalidade quebrar moléculas presentes no gás óleo, produto da destilação, submetendo-o a uma elevada temperatura e pressão. É um processo que permite aumentar o aproveitamento e o rendimento do petróleo. Inclusive, permite rapidamente mudar de um derivado para outro. Por exemplo, óleo diesel ou querosene em gasolina.

Com a reforma catalítica é possível reestruturar as moléculas dos derivados do petróleo, podendo-se transformar hidrocarbonetos de cadeia normal em cadeia ramificada, por isomerização, ou se pode transformar hidrocarbonetos de cadeia normal em hidrocarbonetos de cadeia cíclica ou aromáticos.

Esse processo é importante, pois permite melhorar a qualidade da gasolina, sendo que, quanto mais ramificações e cadeias cíclicas e aromáticas o hidrocarbonetos tiver, melhor será a qualidade da gasolina nos motores dos automóveis.

**Figura 10 – Produtos derivados do petróleo**



Fonte: <http://www.alunosonline.com.br>

O petróleo possui grande densidade energética e maleabilidade na formação de muitos produtos. Porém, esse combustível tem uma renovação muito lenta, e os hidrocarbonetos presentes liberam gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono, que são capazes de prejudicar a camada de ozônio.

#### 2.4.2 Energia do carvão

O carvão é um combustível fóssil encontrado em jazidas localizadas no subsolo e extraído pelo sistema de mineração. É composto por átomos de carbono e magnésio. Pode ser oriundo de fósseis ou de minerais. O carvão é classificado de acordo com a concentração de carbono: Turfa (cerca de 50%), Linhito (cerca de 70%), Hulha (cerca de 80%) e Antracito (cerca de 90%). Quanto mais carbono, maior é o potencial energético.

**Figura 11 - Carvão mineral**



Fonte: <http://www.ebc.com.br>

Após ser retirado das jazidas o carvão é fragmentado e armazenado em silos (grandes depósitos em forma de cilindro), para posteriormente ser transportado à usina onde será transformado em pó, o que permitirá melhor aproveitamento térmico ao ser colocado para queima nas fornalhas de caldeiras. O calor liberado por esta queima é transformado em vapor ao ser transferido para água que circula nos tubos que envolvem a fornalha. A energia térmica (ou calor) contida no vapor é transformada em energia mecânica (ou cinética), que movimentará a turbina do gerador de energia elétrica.

O carvão ainda é uma das mais abundantes e acessíveis fontes de energia; pode ser armazenado com segurança e possui um elevado poder calorífico. Porém, numerosos gases nocivos, incluindo o dióxido de carbono, dióxido sulfúrico e cinzas, são liberados no ambiente quando o carvão é queimado.

### **2.4.3 Energia do gás natural**

O gás natural é uma mistura de hidrocarbonetos leves (metano, etano, propano, butano e outros gases em menores proporções) que, à temperatura ambiente e pressão

atmosférica, permanece no estado gasoso. Trata-se de um gás inodoro e incolor, não-tóxico e mais leve que o ar. Pode ser obtido em jazidas e através da queima de biomassa (bagaço de cana-de-açúcar).

Nas usinas termoelétricas o gás é transformado em vapor de alta pressão que faz girar turbinas ativando o gerador elétrico. A potência mecânica obtida por essa passagem transforma-se, posteriormente, em eletricidade. Esse tipo de recurso energético não renovável possui ampla disponibilidade, facilidade de transporte e manuseio. E por ser mais leve do que o ar, o gás se dissipa rapidamente pela atmosfera em caso de vazamento.

Porém, algumas jazidas de Gás Natural podem conter mercúrio associado. Um metal altamente tóxico proveniente de grandes profundidades no interior da terra e ascende junto com os hidrocarbonetos, formando complexos organo-metálicos. O teor de nitrogênio contido no gás, favorece as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), que contribui para a "deposição ácida" lançada pela água das chuvas.

#### **2.4.4 Energia nuclear**

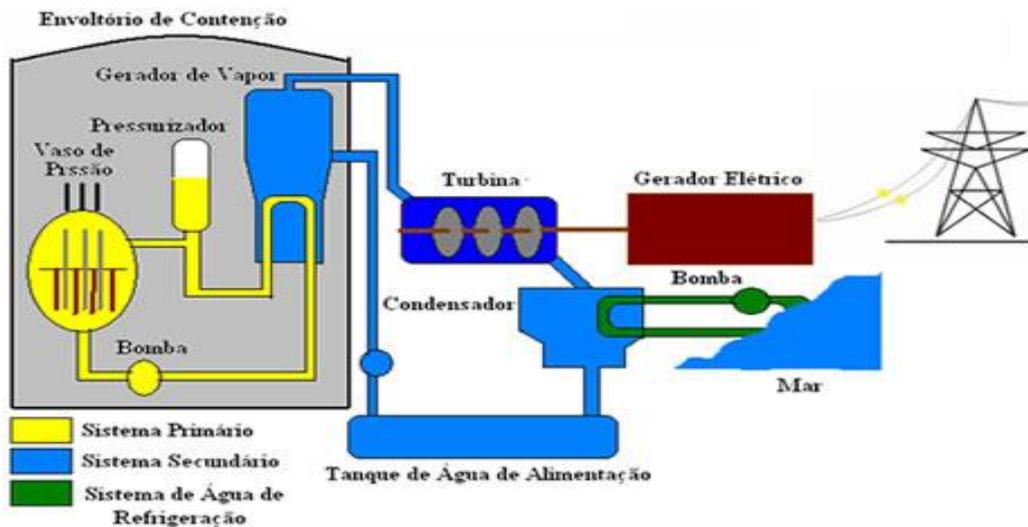
A energia nuclear, também chamada atômica, é obtida a partir da fissão do núcleo do átomo de urânio. A divisão desse núcleo em duas partes provoca a liberação de grande quantidade de energia.

Basicamente, uma usina nuclear compõe-se de três sistemas: o primário, o secundário e o de refrigeração. Inicialmente, o urânio é colocado no vaso de pressão, onde ocorre a fissão e a produção de energia térmica. O calor produzido vai acionar o sistema secundário.

No sistema secundário, a água aquecida pelo sistema primário transforma-se em vapor no chamado "gerador de vapor". O vapor produzido é aproveitado para movimentar a turbina de um gerador elétrico.

O vapor de água produzido no sistema secundário é novamente transformado em água por um sistema de condensação. Para tal, a água do mar é bombeada através de circuitos de resfriamento que ficam dentro do condensador. Por fim, a energia elétrica gerada chega às residências por redes de distribuição.

**Figura 12- Funcionamento de uma usina nuclear**



Fonte: <http://www.eletronuclear.gov.br>

Uma das maiores vantagens da utilização de energia nuclear para geração de eletricidade é a não contribuição para o efeito estufa, pois não libera gases como o enxofre, nitrogênio etc. Além disso, não depende da sazonalidade climática, não utiliza grandes áreas de terreno porque a central requer pequenos espaços para sua instalação. Entretanto, sua forma de produção energética provoca riscos em todas as etapas, desde a extração, transporte, enriquecimento do urânio, até seu uso nos reatores e descarte. Trata-se da possibilidade de ocorrência de acidentes com um material altamente radioativo.

#### 2.4.5 Energia termoelétrica

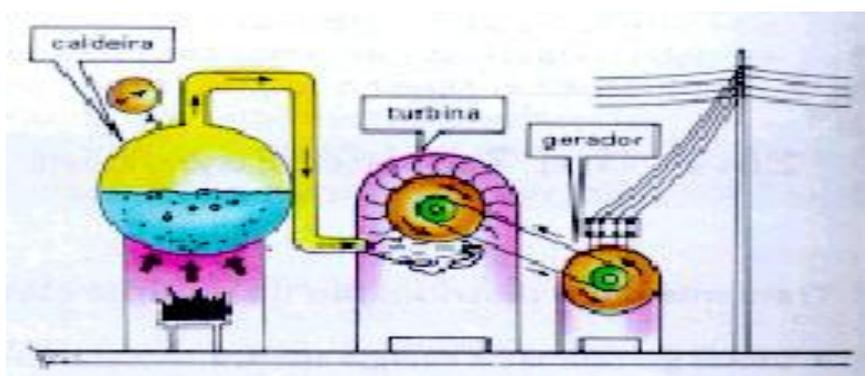
Energia termoelétrica é aquela obtida a partir do calor gerado pela queima de combustíveis fósseis (diesel carvão mineral, gás natural e gasolina). Uma usina termelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja

finalidade é a geração de energia elétrica, através de um processo que consiste em três etapas. A primeira consiste na queima de um combustível fóssil para transformação da água em vapor com o calor gerado na caldeira.

A segunda consiste na utilização deste vapor, em alta pressão, para girar a turbina, que por sua vez, aciona o gerador elétrico. E na terceira etapa, o vapor é condensado, transferindo o resíduo de sua energia térmica para um circuito independente de refrigeração, retornando a água à caldeira completando o ciclo. A potência mecânica obtida pela passagem do vapor através da turbina fazendo com que esta gire e o gerador também acoplado mecanicamente a turbina é que transforma a potência mecânica em potência elétrica.

A energia assim gerada é levada por cabos ou barras condutoras, dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde têm sua tensão elevada para adequada condução, através de linhas de transmissão, até os centros de consumo. Posteriormente a energia tem sua tensão levada a níveis mais baixos adequados para utilização pelos consumidores.

**Figura 13 – Usina termoeletrica**



Fonte: <http://usinastermoeletricascpe.blogspot.com.br>

A usina termoeletrica apresenta algumas vantagens: pode ser instalada próxima a centros urbanos, diminuindo as linhas de transmissões. Além disso, a construção de uma usina termoeletrica é rápida. Entretanto as elevadas temperaturas da água utilizada no aquecimento causa a poluição térmica, pois esta é lançada nos rios e nas ribeiras,

destruindo assim ecossistemas e interferindo com o equilíbrio destas mesmas. E como são usados combustíveis fósseis para queimar e gerar energia há uma grande libertação de poluentes na atmosfera. Estes poluentes são responsáveis pelo aumento do aquecimento global do nosso Planeta.

No seguinte capítulo, trataremos do processo histórico de afirmação dos combustíveis fósseis como fontes dominantes de energia, desde a primeira revolução industrial (1760-1850). Nele será abordado o surgimento destes e sua importância ainda hoje na composição da matriz energética mundial.

## **3 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS**

### **3.1 Introdução**

O foco deste capítulo será a importância dos combustíveis fósseis para sociedade. Especificamente, serão abordadas as condições que levaram à dependência da sociedade a estes combustíveis, as consequências da subordinação e uma possível solução com a intensificação do uso das energias renováveis.

### **3.2 As origens da dependência aos combustíveis fósseis**

O primeiro combustível fóssil utilizado em larga escala foi o carvão mineral que, a partir do século XVIII, substituiu, gradativamente, a lenha. O poder calorífico do mineral foi essencial para o funcionamento das máquinas a vapor e de combustão direta na Primeira Revolução Industrial (1760-1850).

A Segunda Revolução Industrial inicia-se no final do século XIX e se estende até o final da segunda guerra mundial. Envolveu uma série de avanços com o emprego da energia elétrica, do motor à explosão, dos corantes sintéticos e a invenção do telégrafo. Essas novas tecnologias possibilitaram a exploração de novos mercados e a aceleração do ritmo industrial.

Foi nessa época que o carvão começou a ser largamente utilizado para obtenção de energia elétrica.

O uso intensivo do petróleo iniciou-se com o fordismo, em 1913. Na primeira guerra mundial (1914-1918), a decisão britânica de utilizar submarinos com motores movidos a óleo diesel e garantir o acesso às abundantes reservas iranianas revelou-se oportuna: as máquinas de guerra movidas pelo derivado do petróleo dominaram os campos de batalha, colaborando significativamente para vitória das forças aliadas (Grã – Bretanha, França e Rússia). Em 1918, Lord Curzon comemorou a vitória sobre as Potências Centrais (Alemanha, Áustria-Hungria, Império Otomano e Bulgária), com os seguintes termos: “The allied cause floated to victory upon a wave of oil”. Na segunda Guerra Mundial (1939 – 1945) tanto a Alemanha como o Japão esforçaram-se para

alargar sua hegemonia a regiões distantes, produtoras de petróleo, de modo a garantir a continuação das suas economias industriais em rápido crescimento.

### **3.3 As guerras pelo monopólio do petróleo**

Ao contrário da época da Revolução Industrial dos séculos XVIII e XIX, ocasião em que a maioria dos países, hoje desenvolvidos, iniciou suas plantas fabris baseadas essencialmente na presença do carvão mineral que todos possuíam em abundância nos seus respectivos países, a revolução dos transportes do século XX deu-se em outro cenário estratégico. Nos Estados Unidos e na Europa Ocidental, instalaram-se as principais fábricas de veículos, enquanto que a extração do combustível ficou restrita ao quadrilátero árabe e ao Golfo Pérsico. E a cada momento em que esta relação entre os campos petrolíferos do Oriente Médio e os mercados dos países do Primeiro Mundo se desestabilizava, ocorriam conflitos.

Após o fim da Primeira Guerra Mundial, o Oriente Médio tornou-se, o principal produtor de petróleo do mundo, o que levou à cobiça dos europeus, que exploraram a região por décadas.

Aos poucos, os países do Oriente Médio foram adquirindo sua independência política, mas sem ter o domínio da principal riqueza, pois mais de 90% da produção petrolífera era controlada por sete companhias petroleiras ocidentais (Standart Oil, Royal, Dutch, Shell, Móbil, Gulf BP, e Standart Oil da Califórnia). Cientes desta dependência, os países produtores decidiram unir suas forças e romper com o cartel das “*Sete Irmãs*”, criando a Organização dos Países Exportadores de Petróleo, a OPEP, que tinha o objetivo de aumentar a receita dos países-membros, a fim de promover o desenvolvimento; assegurar um aumento gradativo do controle sobre a produção de petróleo, ocupando o espaço das multinacionais; e unificar as políticas de produção.

A rivalidade entre as Sete Irmãs e a OPEP intensificou-se em meados da década de 1970. Neste período o preço do petróleo sofreu muitas variações desencadeando vários conflitos como a guerra dos Seis Dias que ocorreu em maio de 1967; Síria, Jordânia e Egito lideraram uma invasão a Israel. Porém, os israelenses

tomaram dos egípcios a península do Sinai e a Faixa de Gaza; dos sírios as colinas de Golã; e, dos jordanianos, a Cisjordânia e Jerusalém. A derrota mostrou a fragilidade dos exércitos dos países árabes perante o exército israelense. Além da derrota, o mundo árabe ressentiu-se do apoio explícito do mundo ocidental a Israel, excepcionalmente o apoio dos Estados Unidos. Uma das principais heranças dessa guerra foi o surgimento de mais uma organização para defender os interesses dos produtores de petróleo, a Organização dos Países Árabes Exportadores de Petróleo (OPAEP).

Após a Guerra de Seis Dias, as nações árabes derrotadas por se sentirem desrespeitadas, organizaram uma resposta contra Israel. Então, no dia 6 de outubro de 1973, grande parte da nação judaica se encontrava ocupada com os preparativos do “Yom Kippur”, um importante feriado, também conhecido como o “dia do perdão”. Por ironia ou razões estratégicas, Egito e Síria iniciaram um pesado ataque militar abrindo fogo contra as postos israelenses que protegiam a região de Suez. Em questão de minutos, o exército israelense recebeu um forte ataque de granadas.

Enquanto isso, sírios e egípcios organizavam o outro braço da investida, adentrando o território judeu através das Colinas de Golã, sendo contidos pelo exército de Israel. Porém, a OPAEP decidiu usar o petróleo como arma e reduziu a produção de óleo destinada aos Estados Unidos e demais países que apoiavam Israel.

As companhias petrolíferas norte-americanas pressionaram o governo a apoiar os árabes. Mas, não tiveram êxito. Os produtores árabes começavam a controlar suas jazidas, há décadas exploradas pelas companhias internacionais, obtendo finalmente, maiores benefícios econômicos e poder de barganha política para seus interesses.

O uso do petróleo como arma de guerra teve consequências para a economia dos países que dele dependiam. Os países europeus consumiam 80% do petróleo que provinha do Oriente Médio e o Japão 90%. Quando os árabes iniciaram o embargo do petróleo, reduzindo a produção até o limite oficial de 15% com variações de um produtor para o outro, os europeus foram obrigados a racionar combustível, impondo a proibição da circulação de veículos em dias definidos da semana; os japoneses fizeram

reduções de consumo de energia, afetando a produtividade das suas indústrias. O embargo que tinha como objetivo principal atingir os Estados Unidos, não conseguiu este propósito. O país era o menos dependente do petróleo árabe. Apenas adotaram medidas de cautela relativas às reservas que possuíam e ao consumo, sendo beneficiados pelo freio nas economias europeias e japonesa, concorrentes diretas dos seus produtos.

O certo é que, desde aí, a energia passou a ser vista como um bem escasso ou, pelo menos, não inesgotável. O que temos assistido, principalmente nos países europeus de economia mais avançada, é um profundo trabalho de investigação em torno das potencialidades da energia renovável (Moita, 1987 apud Marques, 2007).

Com a grande crise de 1973, todos os países importadores de petróleo foram afetados, reafirmando-se à consciência de que o ouro negro era finito, e que seu esgotamento seria uma questão de tempo. O mundo começou a dar mais atenção aos limites das reservas globais de recursos energéticos. Consequentemente, foi em meados da década de 70 que essa área de pesquisa atraiu investimentos e que foram coordenados esforços para o desenvolvimento de meios tecnológicos através dos quais fontes renováveis pudessem ser utilizadas em larga escala como possíveis substitutos para os combustíveis fósseis.

A revolução islâmica no Irã, em 1979, teve seu início quando os iranianos organizaram a deposição do ditador Xá Reza Pahlevi. Com sua saída do poder, o cenário político do Irã foi controlado pelos xiitas apoiadores do aiatolá Khomeini. Até a organização do setor petrolífero desta nação, o barril de petróleo atingiu o estratosférico preço de US\$ 80,00. Somente na segunda metade da década de 1980 é que o preço do petróleo diminuiu.

A Guerra do Golfo ocorreu em 1991, logo após o ditador iraquiano Saddam Hussein ter-se envolvido numa desgastante guerra de fronteiras com o Irã, que se estendeu de 1980 a 1988. Saddam, com o uso de armas, pleiteava o controle total sobre o canal Chat al-Arab. Daí porque resolveu ocupar o Kuwait, considerado um dos

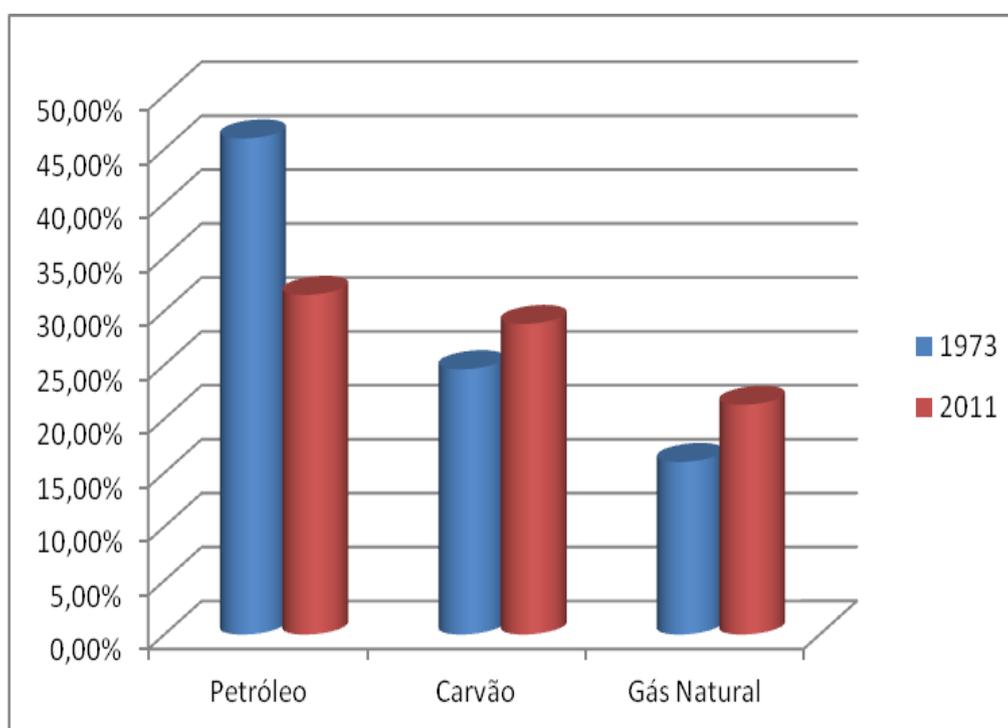
maiores produtores de petróleo do mundo. Saddam transformou o país, antiga reivindicação de Bagdá, na 19ª província da República do Iraque.

A ocupação dos iraquianos fez com que os norte-americanos temessem que Saddam Hussein, caso viesse a expandir-se depois para a Arábia Saudita, pudesse obter o controle de mais da metade do fornecimento do petróleo da região. Então, conseguiram uma autorização da ONU para liderar uma força multinacional composta por ingleses, franceses, italianos e árabes, num total de 28 países. As tropas dos Estados Unidos reconquistaram o Kuwait, expulsando com facilidade as tropas iraquianas.

### 3.4 O cenário energético mundial pós-crise do petróleo de 1973

Após 40 anos da grande crise, o petróleo continua sendo uma das principais fontes de energia do mundo devido a sua importância nos transportes e em alguns setores industriais.

Gráfico 1: Comparativo do consumo de Combustíveis fósseis entre 1973 e 2011.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Key World Energy Statistics, 2013.

O petróleo vai mais além do que o combustível dos nossos automóveis e aviões. Fornece aquecimento a milhões de lares, e participa em 35% da nossa necessidade total de energia. O fato é que, sem petróleo, não haveria plástico, nem muitos remédios sintéticos que consideramos indispensáveis (Yeomans, 2006).

O carvão, a segunda fonte energética mais consumida, é a mais abundante dos combustíveis fósseis e está presente em grande parte dos países do mundo. Destaca-se por ter preços historicamente mais baixos e mais estáveis que os do petróleo.

O consumo de gás natural expandiu-se a partir dos anos 80. E transformou-se na fonte de energia de origem fóssil que registrou maior crescimento no mundo, entre 1973 e 2007. A produção mundial mais do que dobrou, ao passar de 1,227 bilhões de metros cúbicos (m<sup>3</sup>) para 3,031 bilhões de m<sup>3</sup>, segundo o estudo Key World Energy Statistics, publicado pela International Energy Agency (IEA), em 2008. Ainda assim, o gás natural manteve a terceira posição na matriz energética mundial (abaixo dos derivados do petróleo e do carvão).

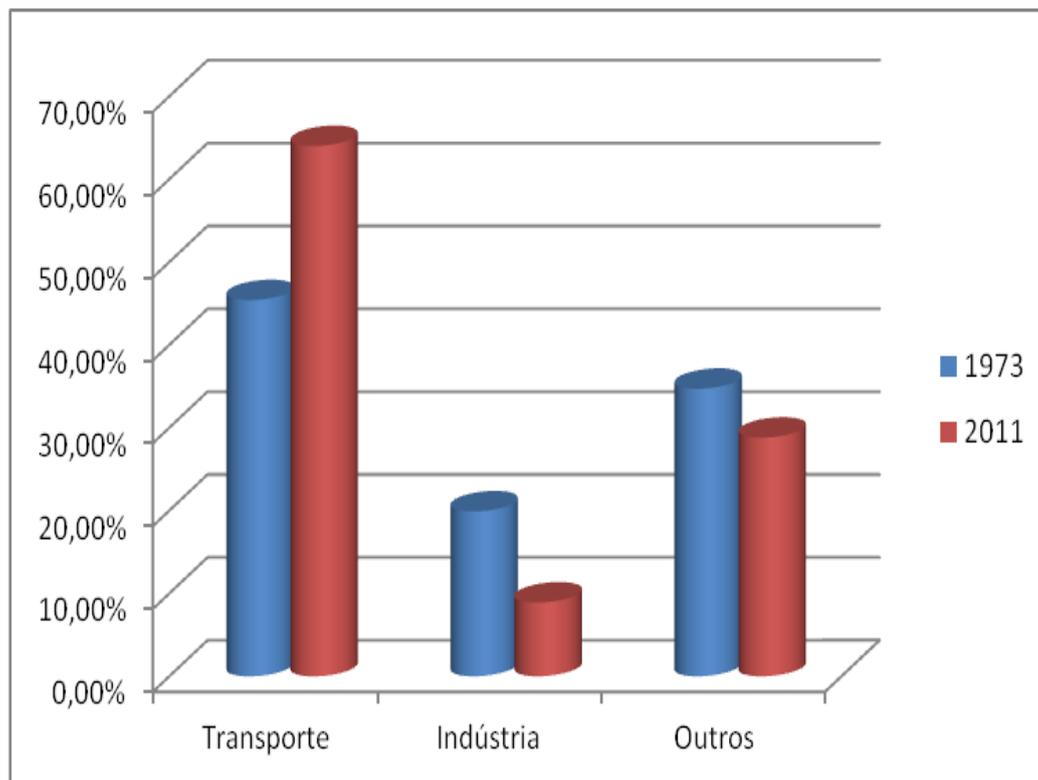
O crescimento da oferta de gás natural resultou da intensificação das atividades de prospecção e exploração, particularmente entre os países em desenvolvimento. A versatilidade é a principal característica do gás natural. Este energético pode ser utilizado tanto na geração de energia elétrica, quanto em motores de combustão do setor de transportes, na produção de chamas (como substituto ao gás liquefeito de petróleo, GLP), calor e vapor. Por isso sua aplicação é possível em todos os setores da economia: transporte, indústria, comércio, serviços e residências. O interesse pelo gás natural também está diretamente relacionado à busca de alternativas ao petróleo e de fontes menos agressivas ao meio ambiente.

### **3.5 O consumo mundial de energia fóssil**

Neste item será apresentada a composição do consumo mundial de combustíveis fósseis por setores da economia, de 1973 até o ano de 2011.

### 3.5.1 Petróleo

Gráfico 2: Composição setorial do consumo mundial de petróleo entre 1973 e 2011.



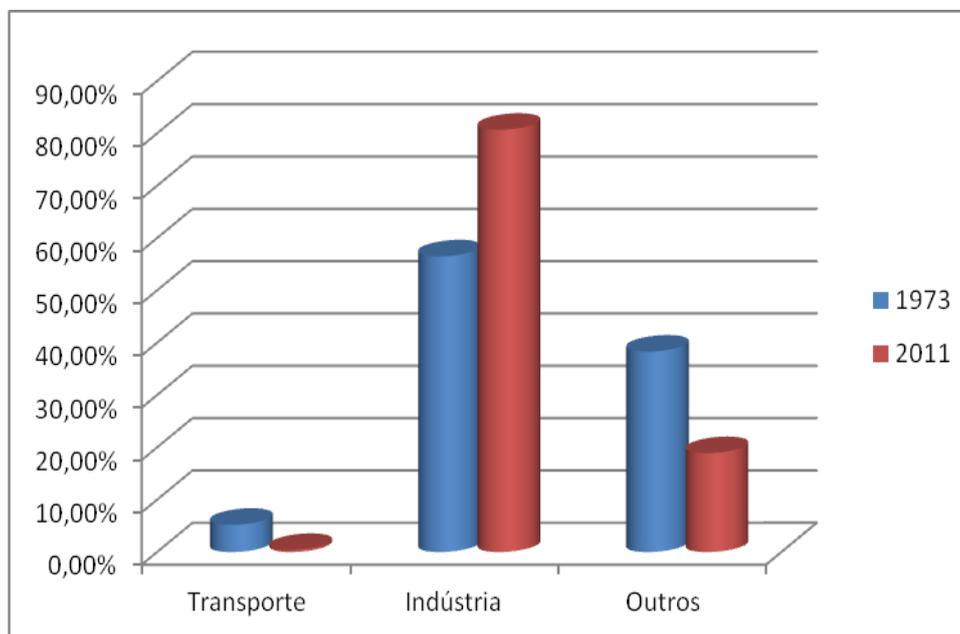
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Key World Energy Statistics, 2013.

\*Outros: consumo residencial, comercial, serviços públicos e agricultura.

Pós-sucessivas crises ao longo da década de 1970, o petróleo diminuiu sua participação em quase todos os setores da economia. As oscilações dos preços e a preocupação com a emissão de CO<sub>2</sub> resultaram na gradativa substituição do combustível por outras fontes de energia. Porém, o ouro negro continua sendo o principal recurso energético do setor de transportes apesar do aumento da participação do uso dos biocombustíveis e gás natural.

### 3.5.2 Carvão

Gráfico 3: Composição setorial do consumo mundial de carvão entre 1973 e 2011.



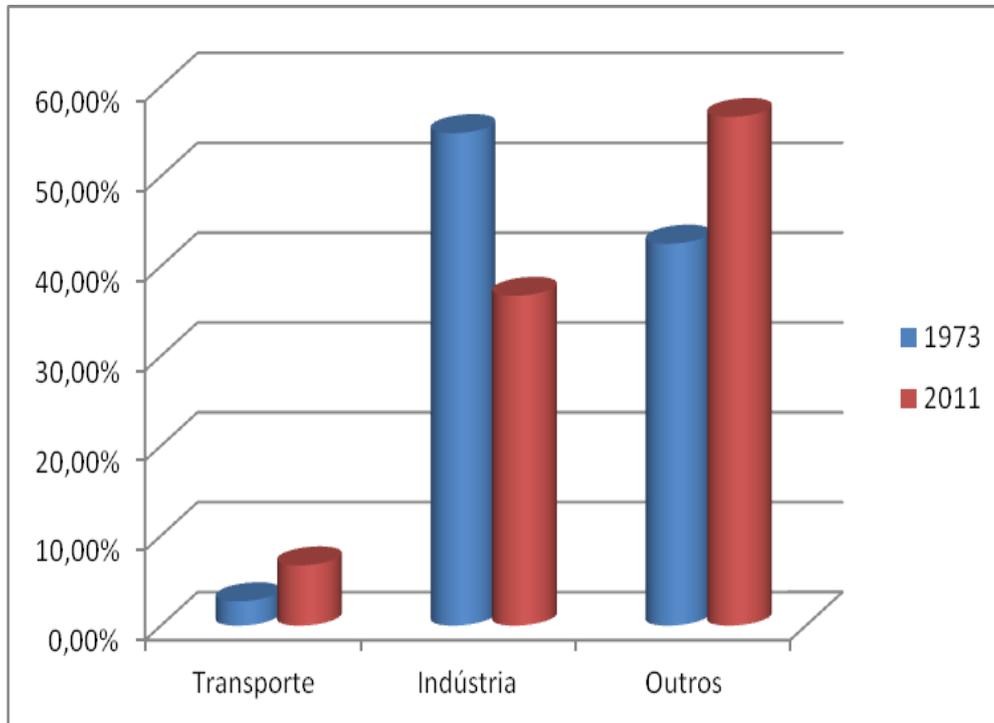
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Key World Energy Statistics, 2013.

O setor industrial foi o único que aumentou o consumo de carvão, desde 1973. Neste setor, algumas indústrias utilizam carvão vegetal e mineral para a geração de calor (energia térmica), como é o caso a da secagem da cerâmica, fabricação de vidros e principalmente, na siderurgia quando da transformação do minério de ferro em aço e insumos para o setor automobilístico, construção de pontes, edifícios, casas e fabricação de utensílios domésticos.

A alta dos preços do petróleo e do gás natural nos anos recentes criou uma perspectiva favorável ao mercado carbonífero internacional. No ano de 2000, o mundo produziu 831 Mt (milhões de t) de aço, que requereram 608 Mt de carvão, representando aproximadamente 17,5% da produção global deste mineral, que foi de 3.466 Mt. Segundo o World Coal 2012, cerca de 70% do total da produção mundial de aço é dependente do carvão. Entretanto, a pressão ambientalista contra o uso do carvão tem sido intensa, principalmente com o a divulgação das pesquisas que tratam do aquecimento global e da redução da camada de ozônio.

### 3.5.3 Gás Natural

Gráfico 4 : Composição setorial do consumo mundial de gás natural entre 1973 e 2011.



Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do Key World Energy Statistics, 2013.

Nas últimas décadas o consumo de gás natural aumentou relativamente nos segmentos residencial e comercial. De acordo com a International Energy Agency (IEA), no ano de 2003, o segmento comercial consumiu cerca de 8.368 trilhões de Btus de energia. Deste total, cerca de 3.233 trilhões de Btus (ou 39 %) foram gerados a partir do gás natural, como fonte principal de energia para cozinhar, secar, refrigerar e aquecer a água.

Para o setor residencial, o Department of Energy and Climate Change (DECC), afirma que, em 2011, o gás natural foi à fonte energética de menor custo para uso residencial na Inglaterra. A Btu (unidade térmica britânica) do gás chegou a custar 70% menos que a unidade das demais fontes.

### 3.6 A evolução das energias renováveis

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) o consumo mundial de energia primária proveniente de fontes não renováveis (petróleo, carvão, gás natural e nuclear) correspondeu a aproximadamente, 86% do total cabendo apenas 14% às fontes renováveis. Esta enorme dependência de fontes não renováveis de energia tem acarretado, além da preocupação permanente com o esgotamento destas fontes, a emissão de grandes quantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera. Em 1996, foi da ordem de 23 bilhões de toneladas, aproximadamente o dobro da quantidade lançada na atmosfera emitida em 1965.

Assiste-se hoje uma maior pressão social quanto ao uso do petróleo e do carvão e o uso de energias renováveis é visto, agora, como uma prioridade. Hoje um grande volume de investimentos é destinado à pesquisa e desenvolvimento dessas fontes. (Braga, 1999).

O carvão ainda é um dos recursos naturais mais utilizados para geração de energia elétrica e suas reservas mostram que há previsão de esgotamento é estimada para os próximos dois séculos. No entanto, conforme mostrado anteriormente, é uma das mais poluentes fontes primárias. Por isso, as estratégias de curto prazo estão voltadas para o desenvolvimento do uso do gás natural que é um combustível menos poluente dentre os combustíveis fósseis.

Para um horizonte temporal mais amplo, as fontes renováveis de energia, principalmente a eólica, que já atingiu maturidade suficiente em alguns países, ganham condições competitivas com as fontes tradicionais não renováveis. De acordo com o relatório internacional elaborado pelo Greenpeace, a energia do vento (eólica) pode garantir 10 % das necessidades mundiais de eletricidade, até o ano 2020. Em 2011, a força do vento foi à fonte energética de maior crescimento do mundo, atingindo a média de 40,2%. Entre 1994-1998, foram instalados 10 mil Megawatts de capacidade, em mais de 50 países, incluindo o Brasil. Somando todas as turbinas eólicas que foram instaladas até o final de 2010, a capacidade alcançou 430 Terawatt-hora (TWh) anuais, mais que o

total da demanda de energia do Reino Unido. Esse aumento da participação da energia eólica no mundo está relacionado a diversos fatores, dentre eles a constante diminuição do custo de instalação dos aerogeradores e a não emissão de CO<sub>2</sub> e outros gases poluentes.

Nesse capítulo, vimos que a matriz energética mundial é constituída basicamente por combustíveis fósseis. Essa dependência traz problemas. As variações do preço do petróleo, a partir da década de 1970, causaram estagnação na economia de muitos países dependentes desse combustível. As emissões de CO<sub>2</sub>, lançadas na atmosfera, em decorrência da utilização do petróleo, carvão e gás natural nas últimas décadas, colaboraram para a elevação da temperatura do Planeta. Porém, as fontes energéticas renováveis estão ampliando, gradativamente, sua participação na geração mundial de energia. Dentre essas fontes, a energia eólica vem ganhando destaque em termos de expressivas taxas de crescimento destaca nos últimos anos chegando a 40,2% em 2011.

## **4. ENERGIA EÓLICA**

### **4.1 Introdução**

Neste capítulo, será apresentado o desempenho da energia eólica no cenário mundial, nacional e local. Ressaltando a importância desta fonte como alternativa ao uso de combustíveis fósseis para geração de eletricidade e expondo os conflitos socioambientais causados pela instalação dos aerogeradores no litoral cearense nos últimos anos.

### **4.2 Energia eólica no mundo**

O interesse pela fonte eólica se intensificou após as crises do petróleo na década de 1970. Como consequência, diversos países criaram programas de pesquisa e desenvolvimento nessa área, com investimentos do governo (especialmente nos Estados Unidos, Dinamarca, Suécia, Holanda, Reino Unido e Alemanha).

Os primeiros equipamentos de geração de energia elétrica possibilitaram ampliar o conhecimento e consolidar a tecnologia nos campos da aerodinâmica, ciência dos materiais e sistemas de controle. Em 1978, o governo da Califórnia estabeleceu um sistema de subsídios e tarifas especiais para a geração eólica, dando lugar à construção de quinze mil aerogeradores, com capacidade total de 1,3 GW. Programas similares foram criados na Dinamarca, Alemanha, Espanha, Reino Unido e Índia (CNI, 2008).

De acordo com o Worldwide Wind Energy Association (WWEA), a capacidade eólica instalada em todo o mundo chegou a 296.255 MW em junho de 2013. No primeiro semestre deste ano todas as turbinas eólicas instaladas no mundo geraram algo em torno de 3,5% da demanda mundial de eletricidade. Esse nível ainda está muito abaixo da meta de atendimento de 12% da demanda mundial proposta pelo (proposta Wind Force 12, GWEC/ GREENPEACE, 2006 apud CNI, 2008).

Tabela 1: Países com maior capacidade eólica instalada no primeiro semestre de 2013 e no ano de 2012.

Posição	País	Capacidade Total em junho de 2013 [ MW]	Capacidade Total em 2012 [MW]
1	China	80.824	75.324
2	Estados Unidos	60.009	60.007
3	Alemanha	32.422	31.308
4	Espanha	22.907	22.785
5	Índia	19.564	18.321
6	Reino Unido	9.610	8.228
7	Itália	8.415	8.152
8	França	7.821	7.623
9	Canadá	6.578	6.201
10	Dinamarca	4.578	4.162
11	Portugal	4.564	4.542
12	Suécia	4.066	3.743
13	Austrália	3.059	2.584
14	Brasil	2.788	2.507
15	Japão	2.655	2.614
Resto do Mundo		26.204	24.174
Total		296.255	282.275

Fonte: WWEA, 2013.

## **4.3 Panorama mundial**

### **4.3.1 Europa e Ásia**

No ano de 2012, 12.744 MW de energia eólica foram produzidos na Europa atendendo 7% da demanda de energia elétrica do continente. Houve uma evolução positiva, pois superou os 6,3% de 2011 e os 4,8% em 2009. O Reino Unido tem o melhor desempenho na produção de energia eólica europeia com 1.043 MW instalados em terra e 854 MW offshore, totalizando 16% da capacidade eólica do continente (WWEA, 2013).

O destaque do continente asiático foi a China que no primeiro semestre de 2013, foi responsável por 39% do mercado mundial de novas turbinas. E no ano de 2012, gerou 100,4 bilhões de kWh, o que representou 2% do total da produção nacional de eletricidade. O mercado chinês quase triplicou sua capacidade de 25,8 GW em 2009, para chegar a 75,3 GW no final de 2012, permitindo que o país continuasse a manter a sua liderança mundial em termos de capacidade acumulada e de energia eólica instalada. (WWEA, 2013).

### **4.3.2 América**

Nos Estados Unidos, foram instaladas 8,4 GW de energia eólica, somente no último trimestre de 2012. Esta expansão foi proporcionada por um programa fiscal elaborado pelo governo federal americano para incentivar a ampliação da participação desta fonte energética na matriz nacional (WWEA, 2013).

Comparado com 2011, quando produziu a capacidade instalada era de 1.267 MW. No Canadá o mercado de energia dos ventos desacelerou em 2012, diminuindo para 935 MW (WWEA, 2013). Em 2012, na América latina a capacidade instalada atingiu pela primeira vez na história produziu 1,0 GW de energia. A contribuição brasileira foi de 1,077MW, Argentina de 167 MW, Venezuela 30 MW e o Uruguai 9 MW. (WWEA, 2013).

Na América Central, a Nicarágua e a Costa Rica produziram, 40 MW e 15 MW respectivamente, elevando a capacidade total destes países para 102 MW e 147 MW (WWEA, 2013).

### **4.3.3 Oceania e África**

Na Austrália, o potencial eólico instalado foi de 475 MW, em 2013. Este resultado é 18% maior do que o registrado em 2012, e posicionou o país em 13º lugar no ranking de capacidade instalada (WWEA, 2013).

A África está começando a explorar seu potencial eólico. Em 2012, a capacidade instalada no continente era cerca de 100 MW. A África do Sul, Etiópia, Marrocos, Quênia, Arábia Saudita, dentre outros, anunciaram planos de longo prazo para a instalação de grandes complexos de parques eólicos (WWEA, 2013).

## **4.4 Energia eólica no Brasil**

### **4.4.1 Políticas e programas governamentais**

A utilização da energia eólica no Brasil teve início em 1992, com a operação comercial do primeiro aerogerador resultado de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), com o financiamento do instituto de pesquisas dinamarquês Folkecenter. Essa turbina eólica, de 225 KW, localizada no arquipélago de Fernando de Noronha (Pernambuco), foi a primeira da América do Sul. (ABEEOLICA, 2013).

Durante os dez anos seguintes, porém, pouco se avançou na consolidação da energia eólica como alternativa de geração de energia elétrica no País, em parte pela falta de políticas, mas principalmente pelo alto custo da tecnologia. O PROEÓLICA- Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Geradora de Energia Eólica. Foi criado após a crise energética que ficou conhecida como o apagão ocorrido entre 2001 e 2002, com o objetivo de viabilizar a implantação de 1.050MW de energia até dezembro de 2003.

Esse Programa, no entanto, não obteve resultados, e foi substituído pelo PROINFA - Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica elaboradas para colocar em andamento as políticas públicas destinadas a diversificar a matriz energética do País, a partir de novas fontes alternativas (ABEEOLICA, 2013).

Na primeira etapa do PROINFA, foi definido um total de 3.300 MW de capacidade distribuídos entre todas as fontes de energias renováveis contempladas, dos quais foram produzidos 1.423 MW, a partir de projetos de geração de energia eólica. Para a segunda, a lei fixou a meta de 10% do consumo anual do País, a ser atendido pelas fontes renováveis, ao longo de vinte anos, depois de atingir a capacidade de 3.300MW da primeira etapa.

Além de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis na matriz energética, o PROINFA abriu caminho para a instalação da indústria de componentes e turbinas eólicas no País. (ABEEOLICA, 2013). No final de 2009, ocorreu o Segundo Leilão de Energia Reserva (LER), que contratou um volume de energia estimado para suprir a demanda do país, para ser utilizada como reserva de Garantia Física ao sistema elétrico nacional. Este tipo de leilão foi o primeiro de comercialização de energia voltado exclusivamente para a fonte eólica. Na ocasião foram contratados 1,8 GW este desempenho abriu as portas para novos leilões que ocorreram nos anos seguintes. (ABEEOLICA, 2013).

Em agosto de 2010, foram realizados o 3º LER e o Leilão de Fontes Alternativas (LFA), sendo contratados 2GW da fonte eólica. Esses leilões não eram apenas direcionados para o modelo exclusivamente eólico, mas sim contemplavam outras fontes renováveis. Em 2011, ocorreram mais dois leilões: o 4º LER e o A-3(processo licitatório para a contratação de energia elétrica proveniente de empreendimentos para nova geração realizado com 3 três anos de antecedência do início do fornecimento), (ABEEOLICA, 2013).

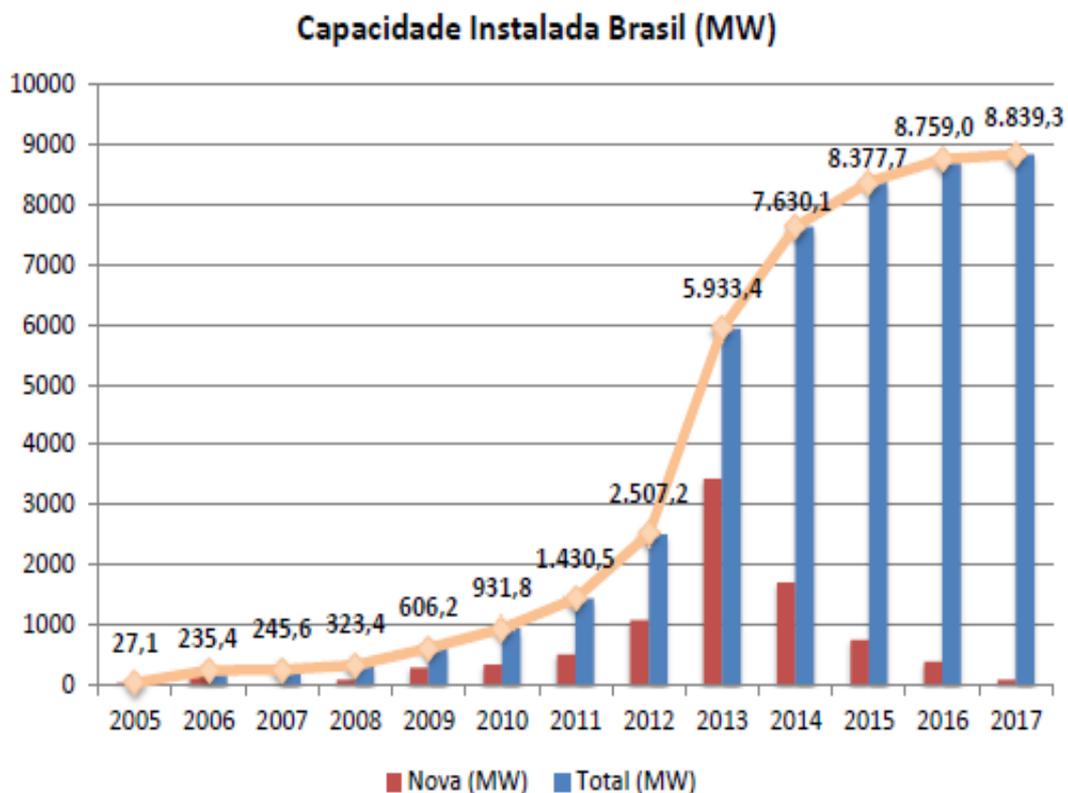
Em dezembro de 2012, ocorreu o A-5(processo licitatório para a contratação de energia elétrica proveniente de novos empreendimentos de geração realizado com 5

(cinco) anos de antecedência do fornecimento, ocasião em que a fonte eólica teve grande destaque totalizando 2,9GW ( ABEEOLICA, 2013).

Além do PROINFA e dos leilões, a fonte eólica também é comercializada em uma escala menor, onde as condições contratuais são livremente negociadas entre as contrapartes. Como resultado do PROINFA, dos leilões realizados e do mercado livre, ao final de 2012, o Brasil possuía 108 parques eólicos totalizando 2,5 GW de capacidade instalada.

As perspectivas para o final de 2017 indicam uma produção de energia eólica de aproximadamente 8,8 GW para matriz elétrica brasileira (ABEEOLICA, 2013). No gráfico 5, observa-se uma significativa expansão da capacidade total de energia eólica entre o período de 2013 a 2017, esta alteração é decorrente da energia contratada nos leilões realizados até o final de 2012.

Gráfico 5: capacidade de energia eólica instalada no Brasil

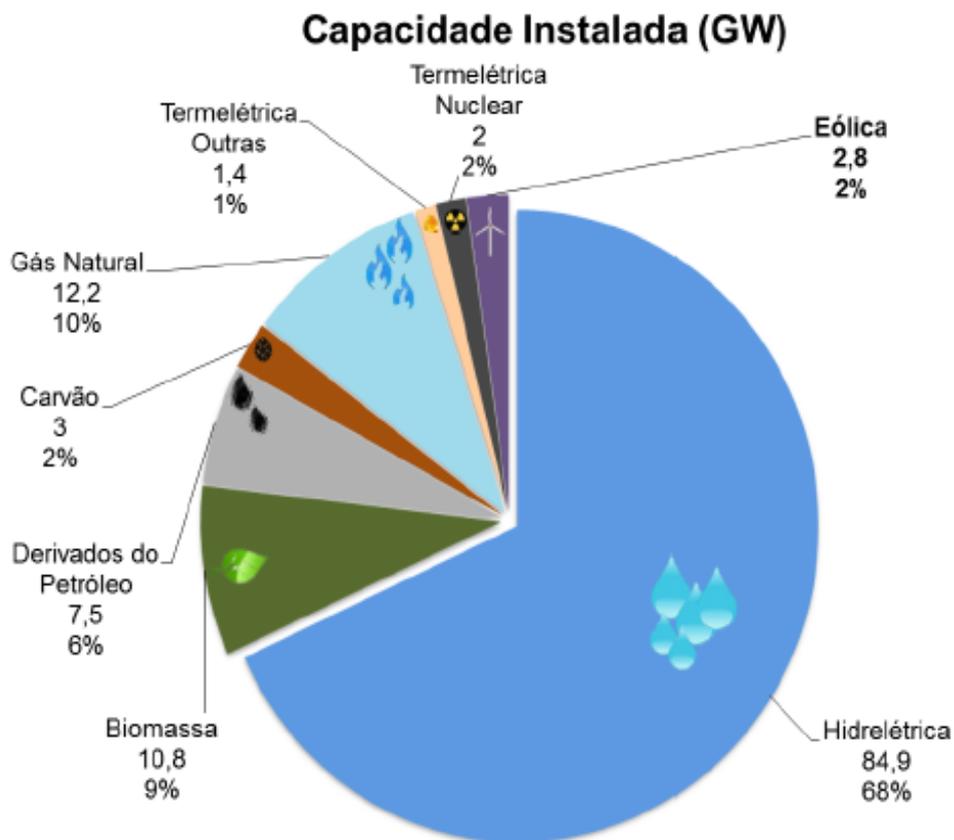


Fonte: Aneel / ABEEólica

#### 4.4.2 A evolução recente da energia eólica no Brasil

O gráfico abaixo ilustra a participação das fontes na matriz elétrica brasileira. Pode-se concluir que o País é dependente da energia gerada pela força das águas, as hidrelétricas produzem quase 70% da eletricidade do País. Em seguida aparecem o gás natural e biomassa com 10% e 9%, respectivamente. A energia dos ventos após 20 anos, de sua implantação gerou apenas 2% da eletricidade nacional, um percentual ainda distante da meta de 10% que o PROINFA pretende atingir.

Gráfico 6: Matriz elétrica brasileira no primeiro semestre de 2013.



Fonte: Aneel / ABEEólica

A capacidade instalada de energia dos ventos no País, no primeiro semestre de 2013, foi de 2.753,2 MW, distribuída em 117 parques eólicos. Conforme a tabela 2, os

estados com maior potência instalada durante estão situados na Região Nordeste: Rio Grande do Norte 727,2 MW, Ceará 588,8 MW e Bahia 564,0 MW.

Tabela 2: Capacidade eólica instalada por estado no primeiro semestre de 2013.

Estado	Número de Parques	Potência Instalada (MW)
Paraná	1	2,5
Piauí	1	18,0
Pernambuco	5	24,8
Rio de Janeiro	1	28,1
Sergipe	1	34,5
Paraíba	13	69,0
Santa Catarina	13	236,4
Rio Grande do Sul	15	460,0
Bahia	23	564,0
Ceará	19	588,8
Rio Grande do Norte	25	727,2
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>2753,2</b>

Fonte: Aneel / ABEEólica

#### 4.5 Histórico e evolução recente da energia eólica no Ceará

Em 1990, o Ceará começou a explorar a energia proveniente dos ventos (LAGE *et al*, 2002). Para isso foi realizado um estudo para analisar as possibilidades de implantação e desenvolvimento de parques eólicos, denominados “Mapeamento Eólico no Estado”.

O estudo foi fruto de um Protocolo de Intenções firmado entre a Companhia de Eletricidade do Ceará (COELCE) e a Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). O objetivo desse protocolo era registrar dados sobre a velocidade dos ventos no Ceará, com a utilização de computadores e sistemas chamados de estações anemométricas. Na época foram instaladas 3 estações: Cofeco/Fortaleza, Jericoacoara/Jijoca e Palmeiras/ Beberibe. O estudo durou dois anos. Deste levantamento, pode-se concluir que o estado do Ceará possui um expressivo potencial para obtenção de energia eólica (COELCE, 1996 *apud* NASCIMENTO, 2011).

Sob o ponto de vista da renovabilidade dos ventos, os recursos são abundantes e constantes. O Mapeamento Eólico do Ceará (1996) mostrou, conforme as medições, considerando alturas de 10 metros, que os ventos alcançam com velocidade média de

8,0 a 10,0 m/s no período de ventos mais intensos, de julho a dezembro, e velocidade superior a 5,5 m/s na baixa estação de ventos, no período de fevereiro a maio (LAGE e BARBIERI, 2002 *apud* NASCIMENTO, 2011). Atualmente o país que possui a maior potência de geração de energia eólica é a China com 80.824 MW. (Neste país a velocidade média dos ventos é de 6,0 m/s). Em virtude disto posteriormente vêm os Estados Unidos com 60.009 MW, seguido da Alemanha com 32.442 MW.

Assim, comparando o potencial de renovabilidade dos ventos, com os referidos países, o Ceará apresenta-se com possibilidades de se tornar um importante gerador de energia eólica. (NASCIMENTO, 2011). A partir dos resultados obtidos pelo estudo desenvolvido pela GZT, em 1992, a COELCE firmou outro convênio a empresa Construções Eletromecânicas S.A, do grupo empresarial cearense J. Macedo, para fazer um estudo mais aprofundado.

Como consequência desse estudo foram instalada outras estações anemométricas cujas medições foram estudadas durante cinco anos, a fim de viabilizar a implantação do Parque Eólico do Mucuripe, em Fortaleza. Assim, em 1996, foi instalado a Central Eólica do Mucuripe, com quatro aerogeradores e potência de 300 KW/cada. Em virtude da maresia do local, esses geradores foram desativados e posteriormente substituídos por outros com potencia total de 2.400 KW. (SOVERNIGO, 2009 *apud* NASCIMENTO, 2011).

De 1996 até os dias atuais, novos parques eólicos foram instalados nos campos de dunas fixas e móveis. Além do Mucuripe, posteriormente foram instaladas duas usinas eólicas: uma no município de São Gonçalo do Amarante (litoral oeste), com 5 MW de potência e a outra em Aquiraz (litoral leste) com 10 MW de potência (ANEEL, 2005 *apud* NASCIMENTO, 2011). De acordo com Elbia Melo, presidente da Abeeólica, até o ano de 2016 serão aplicados cerca de 40 bilhões de reais na construção dos parques eólicos, sobretudo nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará (DIÁRIO DO NORDESTE, 2013 *apud* SAMPAIO, 2013). No segundo semestre de 2013 foram instalados 6 parques eólicos.

Atualmente o Estado possui 25 parques instalados na zona costeira que estão em operação nos seguintes municípios: Acaraú (2), Beberibe (3), Aracati (6), Aquiraz (1), São Gonçalo do Amarante (2), Camocim (1), Amontada (1), Paracuru (2), Eusébio (2), Fortaleza (4) e Icarai (1), (SEINFRA, 2009 *apud* SAMPAIO, 2013).

Tabela 3: Parques eólicos do Estado do Ceará.

Usina	Potência	Localização	Proprietário	Ano de Implantação
Eólica da Prainha	10 MW	Aquiraz	WWP	1999
Eólica da Taíba	5 MW	São Gonçalo do Amarante	WWP	1998
Parque Eólico de Beberibe	26 MW	Beberibe	Tractebel Suez	2008
Mucuripe	2 MW	Fortaleza	WWP	2002
Praia do Morgado	29 MW	Acaraú	IMPSA/ CEMIG	2010
Volta do rio	42 MW	Acaraú	IMPSA/ CEMIG	2010
Foz do rio Choró	25 MW	Beberibe	Aeolus	2009
Eólica Tapera	17 MW	Aracati	Aeolus	2012

Lagoa do Mato	3 MW	Aracati	Aeolus	2009
Eólica Icaraizinho	55 MW	Amontada	Aeolus	2009
Eólica Paracuru	25 MW	Paracuru	Aeolus	2008
Parque eólico Enacel	32 MW	Aracati	Bons Ventos	2010
Canoa Quebrada	67 MW	Aracati	Bons Ventos	2010
Stela Maris Zambelli	2 MW	Eusébio	<u>Stela Maris</u> <u>Zambelli</u>	2013
Bons Ventos	50 MW	Aracati	Bons ventos	2010
Dunas de Paracuru	42 MW	Paracuru	Ventos Brasil	2012
Geraldo Júnior Cavalcante Lopes	2 MW	Fortaleza	Geraldo Júnior Cavalcante Lopes	2013
Icaraí	17 MW	Icaraí	S/ Dados	2013
Caraúbas	11 MW	São Gonçalo do Amarante	Aeolus	2012
Praia Formosa	105 MW	Camocim	Aeolus	2009
Praias de Parajuru	29 MW	Beberibe	IMPISA/ CEMIG	2009
Quixaba	26 MW	Aracati	Central Eólica Quixaba S.A	2013
Tarlene Guedes Bessa	2 MW	Fortaleza	Tarlene Guedes Bessa	2013
Pedro Pedron	2 MW	Eusébio	Pedro Pedron	2013
Antonio Pimentel de Sousa	2 MW	Fortaleza	Antonio Pimentel de Sousa	2013

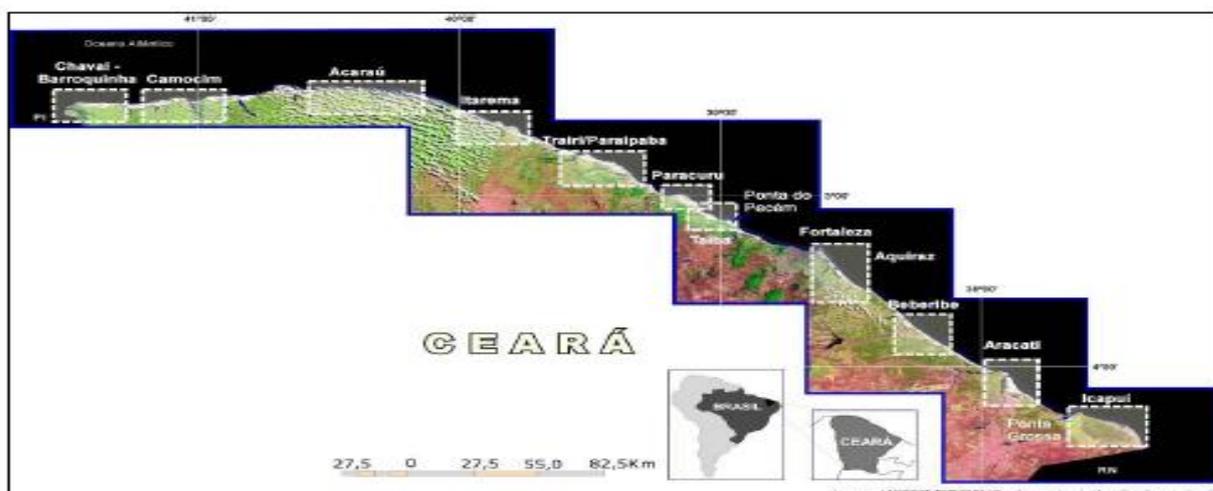
Fonte: Elaboração própria a partir dos dados do The Wind Power, 12/ 2013

#### 4.6 Impactos socioambientais das usinas eólicas na planície costeira do Ceará

As paisagens litorâneas do Ceará têm ganhado novos componentes nos últimos tempos: altas torres brancas com enormes hélices, que captam a força dos ventos para geração de energia. Considerada uma das formas mais limpas de se produzir energia elétrica em vigor no mundo, a energia eólica, porém, tem sido questionada no Estado por ações denunciam diversos problemas socioambientais causados pela instalação de parques eólicos (FREITAS, 2012).

A instalação de usinas eólicas na planície costeira do Ceará tem causado grandes impactos socioambientais. Apesar de estudos comprovarem alternativas locais com menor impacto social a relação custo benefício favorável às empresas é que as mesmas instalem seus parques nos campos de dunas fixas e móveis, provocando, assim, impactos de ordem ambiental e social na paisagem e nos territórios ocupados por comunidades tradicionais (MEIRELES, 2011 *apud* FREITAS, 2012). Segundo o depoimento do o promotor Paulo Henrique de Freitas Trece, de Camocim (cidade localizada a 370 km de Fortaleza) “Apresentam o projeto como se fosse ser feito numa praia deserta, mas não, há pessoas que vivem nesses lugares a vida toda e que agora sofrem uma interferência violentíssima, fora isso, estamos perdendo todas as nossas dunas. É uma situação dramática.” (JORNAL O POVO, 2009 *apud* FREITAS, 2008).

Figura: 14: Localização regional aproximada das usinas eólicas no Litoral Cearense



Fonte: Meireles (2011).

#### **4.6.1 Impactos ambientais em áreas de preservação permanente (APP's)**

Ao contrário do pensamento difundido na sociedade sobre a energia eólica ser uma energia totalmente limpa, segundo o parecer técnico dos Impactos ambientais em áreas de preservação permanente (APP's) promovidos no campo de dunas da Taíba realizado pelo professor Antonio Jeovah de Andrade Meireles. Este pensamento é equivocado, pois existem impactos sobre o meio ambiente decorrente da implantação de parques eólicos em áreas de preservação permanentes (APP's), nas planícies litorâneas, tais como: (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

1. A vegetação que recobre ou está fixa em torno das dunas é retirada para permitir o trânsito e a preparação do terreno para a instalação do canteiro de obras. O desmatamento promove a supressão de ambiente, com fauna e flora específicas de mata de duna e tabuleiro, e a fragmentação local deste ecossistema (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

2. A terraplenagem de dunas fixas para a implantação de vias de acesso e do canteiro de obras é feita com a remobilização de um grande volume de areia, provocando o soterramento da vegetação que existia no local. Estas atividades foram realizadas em um sistema ambiental de preservação permanente (Código Florestal e a resolução do CONAMA n° 303/2002), causando a extinção de setores de dunas fixadas pela vegetação, bem como a supressão de setores antes ocupados por fauna e flora específicas (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

3. O soterramento de lagoas situadas pelo grande volume de areia remobilizado para dar acesso aos canteiros de obras. Os aquíferos costeiros associados aos campos de dunas são importantes sistemas ambientais, por causa da indispensabilidade de seu uso e por armazenar o recurso natural escasso. Essas lagoas são sustentáveis são essenciais para as atividades produtivas às populações e a manutenção da biodiversidade. Por isso merecem cuidados especiais e estratégias sustentáveis de utilização da água armazenada nas dunas. O gerenciamento da disponibilidade e qualidade deste recurso hídrico deve ser planejado levando em conta, fundamentalmente, as projeções de expansão

populacional e necessidade de proteção dos ecossistemas de preservação vinculados (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

4. Cortes e aterros nas dunas fixas e móveis: Os cortes e aterros modificam a paisagem natural e promove um conjunto de alterações ambientais em ecossistemas de preservação permanente. Segundo (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

“Essas atividades certamente alteraram o nível hidrostático do lençol freático o que poderá influenciar no fluxo de água subterrânea e na composição e abrangência espacial das lagoas interdunares. É importante ainda salientar que cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para a estabilidade das encostas e as vias certamente compactadas com utilização de matérias provenientes de outras áreas (solos apropriados para a impermeabilização) e assim possibilitar o tráfego de caminhões”.

#### **4.6.2 Conflitos no Litoral do Ceará: Acaraú**

Além dos impactos ambientais acima citados, causados pela implantação dos parques eólicos, há também conflitos entre as empresas eólicas e as comunidades que residem nesses locais (vilas, nas faixas litorâneas, praias), onde estão previstas a instalação de novas torres. O conflito ocorrido na comunidade de Espriado, distrito da cidade de ACARAÚ-CE, mobilizou a população contra a implantação do parque eólico da empresa espanhola IMPSA. As entrevistas realizadas por (FREITAS, 2012), com representantes do local e segundo dados divulgados pelo jornal (O POVO, 2009) o conflito ocorreu em virtude da ameaça das ocupações as famílias residentes na área e também incluía a proibição do uso da praia, uma das principais rendas da comunidade em sua maioria de pescadores.

Esse tipo de conflito tem sido motivo de ações civis realizadas pelo Ministério Público, e vem acontecendo com muita frequência em vários outros municípios e localidades, tais como Galinhas, Icaraí, Camocim, dentre outras. O teor dessas ações inclui a preocupação com os abalos ambientais decorrentes da implantação dos parques, tais como erosão do solo, impactos negativos sobre as dunas, danos à biodiversidade

(vinculada à diversidade da paisagem dunar), redução da renda originada dos serviços econômicos relacionados aos atrativos naturais (turismo comunitário e ecoturismo). A disposição dos aerogeradores, redes de via de acesso, tráfego de veículos (tratores e caminhões) para a manutenção e monitoramento dos aerogeradores e terraplanagem de áreas associadas à movimentação de areia, dentro da área de influência direta, irão promover alterações contínuas dos ecossistemas e afetar a beleza e a qualidade da paisagem natural que são próprias da complexidade das dunas.

#### **4.6.3 Aracati**

No município de Aracati foram encontrados 53 sítios arqueológicos e 19 áreas vestigiais que podem estar em números ainda subestimados, pois na época da pesquisa a força dos ventos impossibilitava uma maior remobilização da areia. Estes sítios podem dar lugar a cata-ventos de três usinas eólicas na região. Membros do Centro de Pesquisas Arqueológicas do Ceará (CEPACE) denunciaram essa situação ao Ministério Público. De acordo com o site de notícias (SUN NET, 2012), o ministério público está investigando o caso desde 2009. Mas até a presente data, não foi tomada nenhuma decisão.

O parecer contrário à construção dos parques foi emitido pela arqueóloga Verônica Viana, contratada pela empresa Bons Ventos. e de pesquisadores como o professor Eduardo Góes Neves, consultado posteriormente, também não recomendou a obra da Universidade de São Paulo (USP), de recomendar a obra junto ao Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), no entanto, foi procurado o Prof. Walter Fagundes Morales que aprovou a construção e se comprometeu a resgatar os vestígios em um ano, quando o estimado pela maioria dos pesquisadores seria de 10 anos (SUNNET, 2012).

A arqueóloga Veronica Viana assim demonstrou sua preocupação:

Hoje nos preocupa o fato de que todo o litoral cearense, repleto de sítios arqueológicos em seus 573 quilômetros, esteja mapeado em vários pontos da sua extensão por empresas de energia eólica que sob a égide da "energia limpa" provocarão a destruição de sítios arqueológicos milenares (SUNNET, 2012).

Em nota enviada à imprensa, a empresa Bons Ventos, afirmou que apenas entre 3% e 5% do terreno seriam utilizados para a construção das usinas, e que as atividades já existentes no local seriam preservadas. No entanto, a arqueóloga Verônica Viana afirmou que essa "É uma área muito rica, por isso recomendamos que fique livre de qualquer empreendimento". A empresa retrucou, argumentando que a equipe coordenada pelo Prof. Walter Fagundes Morales havia iniciado uma prospecção buscando identificar novos sítios dentro da área, a fim de resgatar aqueles que eventualmente fossem afetados pelas obras de engenharia (SUNNET, 2012).

De acordo com o relatório elaborado pela professora Maria do Céu de Lima (2009, p. 12):

A equipe da arqueóloga Verônica Viana (...) fez algumas etapas da pesquisa arqueológica para a empresa Bons Ventos, que está construindo dois parques eólicos, um na Taíba, com 8 torres geradoras, e um em Aracati, próximo ao Cumbe, local já afamado pelos sítios arqueológicos que saltam aos olhos até mesmo de leigos em Arqueologia. Este terá 67 torres geradoras. Na Taíba a prospecção localizou quatro sítios arqueológicos e, dando sequência ao cumprimento da legislação, a equipe realizou as etapas de salvamento dos sítios e acompanhamento da obra. Em Aracati, numa área de mais de mil hectares, foram localizadas não menos que 71 ocorrências, sendo 53 sítios arqueológicos e as demais, áreas vestigiais. Em virtude da grande quantidade de sítios, da profusão de vestígios em cada um deles, o relatório da prospecção pela primeira vez aqui no Ceará deu como parecer à inviabilidade de construção da obra e recomendou a criação de um parque, o que tem sido defendido por ambientalistas, mas não pelo IPHAN. Do ponto de vista arqueológico o IPHAN desconsiderou o relatório e, em um prazo recorde, deu autorização para outro arqueólogo realizar o salvamento que ele diz ser possível ocorrer em um ano.

Cabe mencionar que os empreendimentos afetam negativamente, não apenas o patrimônio arqueológico, mas também o ambiente e a comunidade. É de se lamentar que o Ceará não tenha ainda um museu especializado em Arqueologia (Lima, 2009).

De acordo com o geólogo Jeovanh Meireles: (MEIRELES, 2008 *apud* FREITAS, 2012).

Não haveria qualquer problema se os parques eólicos fossem instalados logo atrás das dunas, nas zonas dos tabuleiros, onde a velocidade dos ventos alcança níveis europeus, de 6 m/s (metros por segundo). Mas não, como nas dunas são alcançados 8 m/s, visualiza-se um resultado maior com menos

custos. Para esse pesquisador todos esses danos poderiam ser evitados se fosse cobrado um estudo de impacto ambiental (EIA-Rima) que levasse em conta projeções sobre o acúmulo das intervenções feitas na natureza por esses projetos. Segundo A resolução do CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), de número 279, de 2001, que trata da instalação de parques eólicos, é apenas exigido um relatório simplificado para a expedição da licença ambiental, dada pelos órgãos. “O problema é que instala o parque levando em conta apenas a dimensão econômica, ignorando os custos ambientais desses projetos”.

Após inúmeras denúncias, a SEMACE (Superintendência Estadual de Meio Ambiente) decidiu cobrar o EIA (Estudo de Impacto Ambiental), o RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) e um resumo do EIA com uma linguagem mais acessível à sociedade, tendo por base a Lei do Gerenciamento Costeiro (lei federal 7.661, de 1988), que regula os usos possíveis dos terrenos na costa brasileira. Assim, os novos projetos deverão apresentar esses documentos no processo de licenciamento (UOL NOTÍCIAS, 2009). O processo de implantação de parques eólicos não é inócuo ao meio ambiente, pois apesar da existência de uma ampla e variada legislação, sempre ocorrem danos ambientais. (Requeira 2011, p.19 *apud* SAMPAIO, 2013).

Um efeito quantitativo importante da utilização de energia eólica é a redução de dióxido de carbono na atmosfera, De acordo com ABEEOLICA, somente no ano de 2013 O Brasil evitou a emissão de 2.923.572 toneladas de CO<sub>2</sub>, Apesar de ainda representar 2% da nossa matriz energética brasileira, a fonte eólica é uma importante aliada para alcançarmos a independência dos combustíveis fósseis. Porém, a implantação das torres de aerogeradores em muitas localidades tem ocasionado conflitos, principalmente na região nordestina que apresenta o maior potencial do País, concentrando em torno de 53% do total brasileiro (ABEEOLICA, 2013), em especial, na região central da Bahia e nos litorais do Rio Grande do Norte e Ceará.

No Ceará tornaram-se frequentes as denúncias relacionadas aos problemas ambientais e sociais causados pelas empresas proprietárias dos parques. Entretanto, estes são importantes para a geração de energia e podem continuar no Estado desde que sejam respeitados os direitos da população que habita nas proximidades das usinas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca de novas fontes de energia tem sido estimulada pelas várias crises do petróleo. Nas últimas quatro décadas, várias nações têm se empenhado com pesquisas nessa área tendo em vista a substituição das fontes que se utilizam de recursos fósseis para recompor suas matrizes energéticas. Assim, as pesquisas foram orientadas para alternativas consideradas sustentáveis, tais como biomassa, eólica, solar, geotérmica e oceânica,

No Brasil, a fonte eólica tem se tornado a principal alternativa como fonte complementar de geração da energia oriunda das hidrelétricas principalmente porque, quando os reservatórios estão com seus níveis mais baixos, coincide com o período de maior intensidade dos ventos. Esta fonte vem aumentando sua participação na matriz energética nacional, também em virtude da evolução tecnológica do setor. Nas duas últimas décadas, os custos de implantação e de geração de energia tem apresentado uma tendência decrescente tornando a cada vez mais competitiva em relação aos outros tipos de fontes renováveis.

No entanto, a utilização da energia dos ventos causa profundos os impactos ambientais mais visíveis estão relacionados à remoção de terra e à escavação realizada para a fixação das torres que comprometem a fertilidade do solo, a fauna, a diversidade faunística, a diminuição de habitat para aves nativas e o riscos que estas correm de colidir com as pás dos aerogeradores. A rotina dos moradores é afetada pela perda de seu território, interferências nas ondas de rádio, televisão e telefone além do aborrecimento causado por noites mal dormidas e possíveis perda de audição tudo isso em virtude dos ruídos produzidos.

O Ceará está entre os estados com maior potencial eólico do País, possuindo, atualmente, 25 parques implantados ao longo da sua costa litorânea. Nos últimos anos tornaram-se frequentes as denúncias realizadas por moradores que habitam nas localidades onde os geradores foram fixados. Entre os principais danos relatados estão à devastação de dunas, o aterramento de lagoas, a interferências em aquíferos e a

destruição de casas. E ainda, ocorrem problemas causados pela inserção temporária de funcionários de outras regiões, os quais engravidam mulheres das comunidades, gerando os chamados “filhos do vento”, São crianças que nascem de pais de origem desconhecida. Eventualmente, alguns moradores da área são contratados para serviços de baixo salário, uma vez que as funções de maior remuneração são ocupadas por trabalhadores de outras regiões.

Diante de um quadro de pactos socioambientais de tal dimensão faz-se necessária à aplicação rigorosa da legislação vigente sobre as ações das empresas de energia eólica, já instaladas ou que vierem a se instalar. Antes de ocorrer a liberação para implantação desses parques é preciso que sejam realizados estudos aprofundados acerca dos impactos causados sobre as comunidades. Trata-se de exigir estrita rigidez na elaboração do EIA-RIMA para que as transformações espaciais sejam mínimas e que não venham afetar a biodiversidade dos ecossistemas e a paisagem natural. De uma perspectiva de sustentabilidade, em nada adiantaria a produção de uma energia que não emite CO<sub>2</sub>, mas, que causa danos aos ecossistemas e a vida de muitas pessoas.

## REFERÊNCIAS

PETER, H. M.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, da V, **Economia do Meio Ambiente**. São Paulo: Elsevier 2003.

## SITES CONSULTADOS:

**Fontes de energia uma evolução histórica** - Disponível em:

<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA2FoAF/fontes-energia-evolucao-istoricaibliografio>>. Acesso em 2/08/2013.

**Como funciona a energia eólica**- Disponível em:

<[http://www.fiec.org.br/artigos/energia/energia\\_eolica.htm](http://www.fiec.org.br/artigos/energia/energia_eolica.htm)>. Acesso em 14/08/2013.

**Os fotovoltaicos vieram pra ficar** – Disponível em:

[http://www.andiv.com.br/downloads/rep-esp/ovidroplano\\_440\\_ago09-fotovoltaicos.pdf](http://www.andiv.com.br/downloads/rep-esp/ovidroplano_440_ago09-fotovoltaicos.pdf)> Acesso em 03/9/2013.

**Biomassa** – Disponível em:

<[http://biomassa-arfec.blogspot.com.br/2012/10/introducao\\_22.html](http://biomassa-arfec.blogspot.com.br/2012/10/introducao_22.html)> Acesso em 22/10/2012.

**Energia geotérmica e usinas geotérmica**- Disponível em:

<<http://pulsoeletromagnetico.blogspot.com.br/2010/07/energia-geotermica-usinas-eletricas.html>>. Acesso em: 23/10/2013.

**Energia Elétrica das Ondas do Mar** – Disponível em:

<<http://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/energia-eletrica-das-ondas-do-mar>>. Acesso em 25/10/2013.

**Petróleo** – Disponível em:

<<http://www.marciofelix2011.xpg.com.br/ciencias/petroleo/petroleo.html>>. Acesso em 30/10/2013.

**Coletores solares** – Disponível em: <<http://www.dicico.com.br/blog/?p=565>>. Acesso em 02/09/2013.

**Como funciona um aquecedor solar** – Disponível em:

<<http://www.soletrol.com.br/educacional/comofunciona.php>>. Acesso em 02/09/2013.

**Energia solar** – Disponível em: <<http://engenhariaambiental.blogspot.com.br/2013/03/o-que-e-um-coletor-solar.ht>>. Acesso em 03/09/2013.

**Refino do petróleo** – Disponível em: <<http://www.alunosonline.com.br/quimica/refino-petroleo.html>>. Acesso em 01/09/2013.

**Energia Nuclear** – Disponível em:

<<http://www.eletronuclear.gov.br/Saibamais/Espa%C3%A7odoConhecimento/Pesquisa-escolar/EnergiaNuclear.aspx>>. Acesso em 11/09/2013.

**O descobrimento do fogo** – Disponível em:<<http://www.10emtudo.com.br/artigo/o-descobrimento-do-fogo/>>. Acesso em 09/08/2013.

**Significado de energia nuclear** – Disponível em:<

<http://www.significados.com.br/energia-nuclear/>>. Acesso em 12/09/2013.

**Consumo de energia no mundo** – Disponível em:

<<http://pt.scribd.com/doc/55921356/Consumo-de-Energia-No-Mundo>>. Acesso em 09/10/2013.

**Aquecimento Global** – Disponível em:

<<http://www.brasilecola.com/geografia/aquecimento-global.htm>>. Acesso em 15/10/2013.

**Processo Petrosix** – Disponível em:< [http://pt.wikipedia.org/wiki/Processo\\_Petrosix](http://pt.wikipedia.org/wiki/Processo_Petrosix)>. Acesso em 15/09/2013.

**Energia no Brasil e no Mundo parte 1-** Disponível em:

<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par1\\_cap2.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf)>. Acesso em 30/08/2013.

**Matrizes Energéticas no Brasil: Cenário 2010-2030** – Disponível

em:<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_077\\_541\\_11890.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf)>. Acesso em 14/09/2013.

**Matriz Energética: Cenários, Oportunidades e Desafios** - Disponível em:

<http://www.cni.org.br/portal/data/files/00/8A9015D015A0F71F0115AE4B9A37466D/Matriz%20Energ%C3%A9tica.pdf>>. Acesso em 17/09/2013.

**Balanco Energético Nacional 2012** – Disponível em:

<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados\\_Pre\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2012.pdf)>. Acesso em 12/10/2013.

**Tendências Tecnológicas Brasil 2015, Geociência e Tecnologia Mineral** – Disponível

em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten\\_tecno\\_brasil.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/ten_tecno_brasil.pdf)>. Acesso em 14/10/2013.

**O Que é a Energia?** – Disponível em:

<<http://www.ageneal.pt/content01.asp?BTreeID=00/01&treeID=00/01&newsID=9>>. Acesso em 09/08/2013.

**O que é energia?**- Disponível em:

<[http://www.edpbr.com.br/energia/pesquisadores\\_estudantes/energias/o\\_que\\_energia/o\\_que\\_energia.asp](http://www.edpbr.com.br/energia/pesquisadores_estudantes/energias/o_que_energia/o_que_energia.asp)>. Acesso em 10/08/2013.

**Energia Hidrelétrica** – Disponível em:

<<http://www.brasilecola.com/geografia/energia-hidreletrica.htm>>. Acesso em 20/08/2013.

**Energia, Sustentabilidade e Consumismo frente à Sociedade Moderna** – Disponível em: <[http://www.pucrs.br/edipucrs/XISalaoIC/Ciencias\\_Sociais\\_Aplicadas/Direito/83920-MORGANAFRANCIELEMARQUESDECASTRO.pdf](http://www.pucrs.br/edipucrs/XISalaoIC/Ciencias_Sociais_Aplicadas/Direito/83920-MORGANAFRANCIELEMARQUESDECASTRO.pdf)>. Acesso em 04/09/2013.

**Fontes Não Renováveis carvão mineral** – Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_par3\\_cap9.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par3_cap9.pdf)>. Acesso em 23/09/2013.

**Revolução energética a caminho do desenvolvimento limpo** – Disponível em: <<http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2010/11/revolucaoenergeticadeslimpo.PDF>>. Acesso em 12/09/2013.

**Um futuro com energia sustentável: Iluminando o caminho** – Disponível em: <<http://www.fapesp.br/publicacoes/energia.pdf>>. Acesso em 16/09/2013.

**Fatos sobre energia sustentável** – Disponível em: <<http://www.onu.org.br/rio20/energia.pdf>>. Acesso em 16/09/2013.

**O que é Energia?** – Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/elb/natrilhadaenergia/energia/main.asp?View={46D60DAC-EFC2-4897-BF9A-3ABF26602AFB}>>>. Acesso em 06/08/2013.

**Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras** – Disponível em: <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0119071114445125.pdf>>. Acesso em 08/08/2013.

**Energia e meio ambiente no Brasil** – Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142007000100003&script=sci_arttext)>. Acesso em 12/08/2013.

**Fontes renováveis e não renováveis** – Disponível em: <[http://www.ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/Fontes\\_Renovaveis\\_e\\_nao\\_renovaveis.pdf](http://www.ecoreporter.abae.pt/docs/apoio/Fontes_Renovaveis_e_nao_renovaveis.pdf)>. Acesso em 20/08/2013.

**Manual de Economia de Energia** – Disponível em: <<http://www.pucrs.br/biblioteca/manualuse.pdf>>. Acesso em 03/09/2013.

**Energia elétrica e fontes renováveis** – Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/it744/CAP1.pdf>>. Acesso em 18/09/2013.

**Recursos Naturais: Novas alternativas para gerar energia** -Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2007/trabalho/aceitos/CC33844027823.pdf>>. Acesso em 21/09/2013.

**Energia, sociedade e meio ambiente** – Disponível em: <<http://www.iee.usp.br/biblioteca/producao/2010/Artigos%20de%20Periodicos/Yolanda%20Abreu%20Brasil%208%20julho2010.pdf>>. Acesso em 29/09/2013.

**Pesca Artesanal, Carnicultura e geração de energia eólica na zona costeira do Ceará**– Disponível em: <<http://wp2.oktiva.com.br/portaldomar-bd/files/2010/11/artigo-e-resumo-revista-terra-livre-31-Maria-do-C%C3%A9u.pdf>>. Acesso em 14/11/2013.

**Energia Eólica: Os Conflitos Socioambientais Gerados pela Implantação dos Parques Eólicos no Litoral do Ceará** – Disponível em: <<http://www.anppas.org.br/encontro6/anais/ARQUIVOS/GT17-899-662-20120630234422.pdf>>. Acesso em 18/11/2013.

**Pesquisa sobre licenciamento ambiental de parques eólicos** – Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/164/\\_publicacao/164\\_publicacao26022010101115.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/164/_publicacao/164_publicacao26022010101115.pdf)>. Acesso em 23/09/2013.

**Oportunidades e Restrições ao uso da Energia Eólica no Brasil** – Disponível em: <<http://consultoriaprofuturo.com/wp-content/uploads/2009/07/S2-T1-Eolica.pdf>>. Acesso em 24/09/2013.

**Annual Energy Outlook 2013** – Disponível em: <[http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2013\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2013).pdf)>. Acesso em 22/10/2013.

**Crise Energética e as Trajetória de Desenvolvimento Tecnológico**– Disponível em: <[http://ww2.ie.ufrj.br/desenvolvimento/pdfs/crise\\_energetica\\_e\\_trajetorias\\_de\\_desenvolvimento\\_tecnologico.pdf](http://ww2.ie.ufrj.br/desenvolvimento/pdfs/crise_energetica_e_trajetorias_de_desenvolvimento_tecnologico.pdf)> Acesso em 16/10/2013.

**Crise do petróleo** – Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise\\_do\\_petr%C3%B3leo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise_do_petr%C3%B3leo)>. Acesso em 5/11/2013.

---

**As crises do petróleo** – Disponível em: <<http://educaterra.terra.com.br/voltaire/mundo/petroleo3.htm>> 15/11/2013.  
<<http://www.infoescola.com/economia/crise-do-petroleo/>>. Acesso em 08/11/2013.

**O mundo e a crise de 1973** – Disponível em: <<http://virtualiaomaniesto.blogspot.com.br/2009/03/o-mundo-e-crise-do-petroleo-de-1973.html>>. Acesso em 11/11/2013.

**Energia geotérmica** – Disponível em: <[http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia\\_geotermica.pdf](http://www.fcmc.es.gov.br/download/energia_geotermica.pdf)>. Acesso em 20/08/2013.

**Energia Eólica no Quintal da nossa casa? Percepção ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação ambiental dos impactos socioambientais na instalação e operação de uma Usina na Comunidade de Sítio do Cumbe em Aracati-CE.**

Disponível em: <<http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/39>>. Acesso em 13/11/2013.

**Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico – Público** – Disponível em:  
<<http://www.abeeolica.org.br/Boletim-Dados-ABEolica-janeiro-2013-Publico.pdf>>.  
Acesso em 18/11/2013.

**Projeto Estratégico: “Desenvolvimento de Tecnologia Nacional de Geração Eólica”** - Disponível em:  
<<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PD%20Estrat%C3%A9gico%20017-2013.pdf>>. Acesso em 17/11/2013.

**Fontes renováveis parte II** – Disponível em:  
<[http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas\\_par2\\_cap5.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf)>. Acesso em 30/08/2013.

**Analysis of the regulatory framework for wind power generation in Brazil** – Disponível em: <[http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Brazil\\_report\\_2011.pdf](http://gwec.net/wp-content/uploads/2012/06/Brazil_report_2011.pdf)>.  
Acesso em 14/11/2013.

**Energia eólica** – Disponível em:<[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia\\_eolica\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf)>. Acesso em 15/11/2013.

**Energia Eólica do Ceará: Uma Alternativa para o Desenvolvimento Sustentável** – Disponível em:  
<<http://www.lemos.pro.br/admin/artcientifico/13249439014ef90a1d90505.pdf>>. Acesso em 14/10/2013.

**A Energia Eólica do Ceará e o mecanismo de desenvolvimento limpo do protocolo de Quioto**– Disponível em:  
<<http://www.sober.org.br/palestra/12/05P307.pdf>>. Acesso em 22/10/2013.

**Panorama da Expansão da energia eólica no Ceará** – Disponível em:  
<[http://www.egal2013.pe/wp-content/uploads/2013/07/Tra\\_D%C3%A9bora-Jos%C3%A9.pdf](http://www.egal2013.pe/wp-content/uploads/2013/07/Tra_D%C3%A9bora-Jos%C3%A9.pdf)> Acesso em 11/11/2013.

**Regras e Boas Práticas para Instalação de torres Anemométricas Voltadas para Estudo de Potencial Eólico** – Disponível em:  
<[http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/luciana\\_oliveira.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/ppes/production/tesis/luciana_oliveira.pdf)> Acesso em 14/11/2013.

**Energia Eólica Panorama mundial e perspectivas no Brasil** – Disponível em:  
<<http://www.eeba2013.com.br/2009/20120822123350189034o.pdf>>. Acesso em 19/11/2013.

**A força dos ventos** – Disponível em:  
<[http://www.sfipec.org.br/portaltv2/sites/revista/files/files/revistaFIEC\\_mar2013\\_lowres.pdf](http://www.sfipec.org.br/portaltv2/sites/revista/files/files/revistaFIEC_mar2013_lowres.pdf)>. Acesso em 23/11/2013.

**The World Wind Energy Association 2013 Half-year Report** – Disponível em:  
<[http://www.wwindea.org/webimages/Half-year\\_report\\_2013.pdf](http://www.wwindea.org/webimages/Half-year_report_2013.pdf)>. Acesso em 01/11/2013.

**Teorias econômicas aplicadas ao meio ambiente** – Disponível em:  
<<http://meusite.mackenzie.com.br/monicayukie/Aula%208%20EMA.pdf>> Acesso em 17/10/2013.

**O fim da era do petróleo e a mudança do paradigma energético mundial: perspectivas e desafios para atuação diplomática brasileira** – Disponível em:  
<[http://www.funag.gov.br/biblioteca/dmdocuments/522\\_O\\_fim\\_da\\_era\\_do\\_petroleo.pdf](http://www.funag.gov.br/biblioteca/dmdocuments/522_O_fim_da_era_do_petroleo.pdf)>. Acesso em 02/10/2013.

**Combustíveis fósseis e alternativas energéticas** – Disponível em:  
<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26107/000755427.pdf?sequence=1>> Acesso em 8/10/2013.

**Artigo crises do petróleo** – Disponível em:  
<<http://geovest.files.wordpress.com/2012/08/artigo-crisis-do-petroleo.pdf>>. Acesso em 19/12/2013.

**Importance of biomass in the energy matrix** – Disponível em:  
<[http://dibanet.org/library/networking\\_day\\_dec\\_2010/presentations/biomass\\_in\\_the\\_energy\\_matrix\\_s\\_sein.pdf](http://dibanet.org/library/networking_day_dec_2010/presentations/biomass_in_the_energy_matrix_s_sein.pdf)>. Acesso em 1/10/2013.

**O Papel das Fontes Renováveis de Energia No Desenvolvimento do Setor Energético e Barreiras à sua Penetração no Mercado**– Disponível em:  
<[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2102.pdf)>. Acesso em 14/09/2013.

**O Uso de Energia Renovável Sustentável na Matriz Energética Brasileira: obstáculos para o planejamento e ampliação de políticas sustentáveis** – Disponível em:  
<<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/5080/Carlos%20Aberto%20Simioni.pdf?sequence=1>>. Acesso em 25/10/2013.

**Carvão Mineral** – Disponível em:  
<<http://www.dnpm.gov.br/assets/galeriadocumento/balancomineral2001/carvao.pdf>>. Acesso em 10/10/2013.

**Da crise do petróleo às oportunidades das energias renováveis** – Disponível em:  
<<http://jddomingos.ist.utl.pt/EnergiasRenovaveis/DaCriseAsOportunidadesEnergiasRenovaveis.pdf>>. Acesso em 15/10/2013.

**O setor de gás natural no mundo** – Disponível em:  
<[http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2009\\_11105.pdf](http://www2.camara.leg.br/documentos-e-pesquisa/publicacoes/estnottec/tema16/2009_11105.pdf)>. Acesso em 23/09/2013.

**Key Word Energy Statistics 2013** – Disponível em:  
<[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013\\_FINAL\\_WEB.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2013_FINAL_WEB.pdf)>. Acesso em 20/09/2013.

**Tratamento do impacto ambiental da energia eólica** – Disponível em:  
<[http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias\\_publicadas/K220833.pdf](http://www.avm.edu.br/docpdf/monografias_publicadas/K220833.pdf)>. Acesso em 11/11/2013.

**Energias Fósseis versus Energias Renováveis:** - Disponível em:  
<<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/7275/2/tese%20final.pdf>>. Acesso em 12/11/2013.

**Global Wind Report Annual market update 2012** – Disponível em:  
<[http://www.gwec.net/wpcontent/uploads/2012/06/Annual\\_report\\_2012\\_LowRes.pdf](http://www.gwec.net/wpcontent/uploads/2012/06/Annual_report_2012_LowRes.pdf)>. Acesso em 23/11/2013.

**Curso de formação de operadores de refinaria** – Disponível em:  
<[http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/processos\\_de\\_refino.pdf](http://www.tecnicodepetroleo.ufpr.br/apostilas/petrobras/processos_de_refino.pdf)>. Acesso em 28/10/2013.

**The Wind Power** – Disponível em:  
<[http://www.thewindpower.net/windfarms\\_list\\_es.php](http://www.thewindpower.net/windfarms_list_es.php)>. Acesso em 15/11/2013.

**Energia eólica no Brasil** – Disponível em:  
<<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/nosso-setor.html>>. Acesso em 12/11/2013.

**Construções de usinas eólicas colocam sítios arqueológicos em risco** – Disponível em: <<http://www.sunnet.com.br/home/Noticias/Construcoes-de-usinas-eolicas-colocam-sitios-arqueologicos-em-risco.html>>. Acesso em 14/11/2013.

**Denúncias atribuem danos ambientais a parques eólicos no Ceará** – Disponível em:  
<<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/2009/10/26/ult5772u5785.jhtm>>. Acesso em 10/11/2013.

**Doc Energia Eólica: Injustiças e Conflitos Ambientais** – Disponível em:  
<<http://www.youtube.com/watch?v=jYoRLqSrHX8>>. Acesso em 03/11/2013.