



**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**

**Autarquia associada à Universidade de São Paulo**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE FONTES  
ALTERNATIVAS DE ENERGIA DE UMA COMUNIDADE TÍPICA  
DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

**SILVIA REGINA VANNI**

**Dissertação apresentada como parte  
dos requisitos para obtenção do Grau  
de Mestre em Ciências na Área de  
Tecnologia Nuclear – Reatores.**

**Orientador:  
Dra. Gaiânê Sabundjian**

**SÃO PAULO**

**2008**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## DEDICATÓRIA

Existem pessoas fundamentais em nossas vidas, que nos marca em nossos fracassos e nossas vitórias resultando no nosso crescimento;

Pessoas que me deram a base, a estrutura, o exemplo de como lutar por um objetivo, me ensinaram a ser forte mesmo quando me sinto muito fraca, me deram amor mesmo eu não sabendo às vezes retribuir. Hoje agradeço muito ao meu Pai que mesmo não estando presente fisicamente está em meus pensamentos todos os dias e minha Mãe que está a meu lado me apoiando e torcendo por mim.

Amigo como diz a música “É coisa para se guardar do lado esquerdo do peito dentro do coração” e a você Penha, minha amiga sincera, irmã de muitos anos que também dedico este trabalho, pois juntas conseguimos mais uma vitória em nossa vida acadêmica.

A minha orientadora Dra. Gaiânê Sabundjian que acreditou em mim e me deu a possibilidade de fazer este mestrado, me apoiando, incentivando e sendo muito paciente com os meus limitados horários para a orientação.

Aos meus filhotes que me davam à paz quando chegava à casa sobrecarregada de tensão e preocupação.

Enfim ao meu DEUS, mestre, protetor, “O meu Tudo” que acolhe meus pedidos e me retribui com “Sabedoria, Inteligência, Paciência e muita Humildade todos os dias”.

Obrigada meu “DEUS” por tudo que tenho e que sou.

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que colaboraram com este trabalho.

Aos meus colegas de trabalho, que por vezes entenderam minha ansiedade.

A minha família que sempre se fez presente.

A Francine Menzel, que além de me ajudar em minhas pesquisas me incentivou com seu interesse por este trabalho.

A Heleny M. M. Viegas Ricco, por ter tido a gentileza de revisar este trabalho.

Ao colega Eduardo Maprelian pela colaboração neste trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Antonio Mai, pela sugestão do tema do trabalho.

Aos professores e colegas da CPG que sempre deram atenção, apoio e amizade.

Aos colegas do IPEN que me apoiaram e me receberam com muito carinho.

# **ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA DE UMA COMUNIDADE TÍPICA DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL**

**Silvia Regina Vanni**

## **RESUMO**

O governo brasileiro com seu programa “Luz para Todos” tem como desafio acabar com a exclusão elétrica das comunidades rurais do país. Outra preocupação é a respeito da falta de abastecimento de energia, previsto para os próximos anos. No entanto, uma vez atendidas estas demandas há uma tendência de minimizar a exclusão elétrica no país, principalmente em regiões isoladas onde vivem as famílias de baixa renda.

Este trabalho tem o objetivo de apresentar um estudo de viabilidade econômica de fontes alternativas de energia para comunidades isoladas do Nordeste brasileiro que não têm acesso à energia elétrica.

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico da utilização das fontes alternativas de energia propostas neste trabalho: eólica, solar e biomassa, que podem ser usadas para suprir a falta de energia elétrica na região do Nordeste do Brasil.

Numa segunda etapa foi escolhido o estado Maranhão, pois se tem informações suficientes desta região para aplicar a metodologia proposta no trabalho. A partir desta escolha foi construído um banco de dados com as características típicas da região para as comunidades que possuem entre 1.000 a 10.000 habitantes.

Finalmente, foi elaborado um programa de cálculo denominado de PEASEB (Programa de Cálculo de Custos das Energias Alternativas Solar, Eólica e Biomassa), com a finalidade de facilitar os cálculos de viabilidade econômica de cada uma das fontes alternativas de energia propostas neste trabalho. Nestes cálculos foram levados em consideração os impactos ambientais causados por cada uma destas fontes de energia.

Com base nos resultados obtidos conclui-se que em termos de custo-benefício as alternativas de energia propostas podem atender as comunidades carentes do Nordeste brasileiro. Além disso, qualquer uma delas pode contar com os recursos naturais que a região possui. No entanto, por meio dos resultados comparativos de viabilidade econômica as energias: eólica e de biomassa apresentaram os melhores resultados. As conclusões deste trabalho podem contribuir com os projetos de geração de energia e inclusão social do governo federal, possibilitando assim, o crescimento econômico do país.

## **ECONOMIC VIABILITY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR A TYPICAL COMMUNITY OF THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL**

**Silvia Regina Vanni**

### **ABSTRACT**

Brazil has a great economy, but it has large social disparities among its several regions. There are several poor communities mainly in regions far from big cities. Many of these poor communities do not have electric energy. To bring electric energy for these communities, the Brazilian government has a program known as "Luz para Todos" (Light for All). This program stimulates the use of alternative energy sources. The objective of this work is to perform an economic viability study of alternative energy sources for typical communities in the Northeast of Brazil, which do not have access to electric energy.

A literature review was made concerning the following alternative energy sources: wind, solar, and biomass. These energy sources are very convenient to bring electric energy for poor and small isolated communities. Communities with population varying between 1,000 and 10,000 people in the State of Maranhão were chosen as examples for this work. A computer program named PEASEB (Program for Evaluate Solar, Wind and Biomass Alternative Energy Sources) was developed to calculate costs to implement electric energy systems based on these alternative energy sources. Environmental impact costs are also considered in the economic viability study.

The results obtained show that the solar, wind, and biomass energy sources can be used to supply the energy demand of the poor isolated communities in the Northeast of Brazil with reasonable cost-benefits. The natural resources of this region can easily provide the conditions to implement these alternative energy sources. According to the comparative results from the point of view of the economic viability, the energy from the wind and the biomass presented the lowest costs. The results of this work can contribute to the "Luz para Todos" (Light for All) Brazilian's government program, and then, help to improve the social and economic conditions of poor isolated communities in the Northeast of Brazil.

## SUMÁRIO

Página

<b>SUMÁRIO</b>		<b>VI</b>
<b>ABREVIATURAS</b> .....		<b>XI</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	OBJETIVO DO TRABALHO .....	16
1.2	MOTIVAÇÃO DO TRABALHO.....	16
1.3	ÍTEM DO TRABALHO .....	16
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA</b> .....	<b>24</b>
3.1	ENERGIA SOLAR.....	24
3.1.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ENERGIA SOLAR .....	27
3.2	ENERGIA EÓLICA .....	30
3.2.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA ENERGIA EÓLICA .....	32
3.3	BIOMASSA .....	37
3.3.1	EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA BIOMASSA .....	40
3.4	INCENTIVO A FONTES ALTERNATIVAS NO BRASIL.....	43
<b>4.</b>	<b>DESCRIÇÃO DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL</b> .....	<b>46</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DO ESTADO DO MARANHÃO .....	53
4.2	ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS .....	54
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA UTILIZADA</b> .....	<b>57</b>
5.1	CONSTRUÇÃO DO BANCO DE DADOS PARA O MARANHÃO .....	57
5.2	CRITÉRIOS ECONÔMICOS E FINANCEIROS .....	57
5.2.1	ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DE UM PROJETO .....	58
5.2.2	ANÁLISE DE CUSTOS DE CAPITAL.....	59
5.2.3	CUSTO DE INVESTIMENTO.....	60
5.2.4	CUSTOS FINANCEIROS.....	60
5.2.5	CUSTOS SÓCIO-AMBIENTAIS .....	60
5.2.6	DECISÕES POLÍTICAS .....	62
5.3	PROGRAMA DE CÁLCULO DE CUSTOS DE ENERGIAS ALTERNATIVAS (PEASEB) .....	62
<b>6.</b>	<b>DENSENVOLVIMENTO DO TRABALHO</b> .....	<b>63</b>
6.1	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR, EÓLICA E BIOMASSA.....	63
6.2	ANÁLISE DE CUSTO DE CAPITAL.....	63
6.2.1	CUSTO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM 30 ANOS .....	64
6.2.2	CUSTO DA ENERGIA EÓLICA EM UM PERÍODO DE 20 ANOS.....	71
6.2.3	CUSTO DA ENERGIA DE BIOMASSA A PARTIR DE ÓLEOS VEGETAIS IN NATURA EM 10 ANOS.....	79
<b>7.</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>97</b>
<b>ANEXO A - MAPAS E CARTAS DA REGIÃO NORDESTE</b> .....		<b>99</b>
A.1	POTENCIAL SOLAR POR REGIÃO DO BRASIL .....	99
A.2	POTENCIAL EÓLICO POR REGIÃO DO BRASIL .....	99
A.3	CARTA SOLAR E ROSA DOS VENTOS PARA O ESTADO DO MARANHÃO (SÃO LUIZ) .....	101
A.3.1	CARTA SOLAR DE SÃO LUIZ DO MARANHÃO.....	101
A.3.2	ROSA DOS VENTOS DE SÃO LUIZ DO MARANHÃO .....	102
A.4	ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE BIOMASSA DA REGIÃO NORDESTE.....	103
<b>ANEXO B – EXPANSÃO DA GERAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS NO BRASIL</b> .....		<b>104</b>
B.1	CAPACIDADE DE POTÊNCIA INSTALADA ENTRE 2005 A 2030 .....	104

<b>ANEXO C – FOTOS POR SATÉLITE DE ALGUNS MUNICÍPIOS SEM ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO MARANHÃO.....</b>	<b>105</b>
C.1 MUNICÍPIO – RAPOSA – MA 5.718 HABITANTES FICA A 25 KM DA CAPITAL .....	105
C.2 MUNICÍPIO – CAJAPIÓ – MA 6.769 HABITANTES A 56 KM DA CAPITAL.....	106
C.3 MUNICÍPIO – AFONSO CUNHA – MA 2.425 HABITANTES A 208 KM DA CAPITAL .....	107
C.4 MUNICÍPIO – BREJO – MA 8.354 HABITANTES A 217 KM DA CAPITAL .....	108
C.5 MUNICÍPIO – ÁGUA DOCE – MA 6.956 HABITANTES A 245 KM DA CAPITAL.....	109
C.6 MUNICÍPIO – BARÃO DE GRAJAU – MA 7.462 HABITANTES A 490 KM DA CAPITAL.....	110
C.7 MUNICÍPIO – PARNAIBA – MA 4.136 HABITANTES A 753 KM DA CAPITAL.....	111
<b>ANEXO D – LEIS E RESOLUÇÕES .....</b>	<b>112</b>
D.1 CONAMA – RESOLUÇÃO N° 257, DE 30 DE JUNHO DE 1999 .....	112
<b>APÊNDICE A – BANCO DE DADOS DO ESTADO DO MARANHÃO .....</b>	<b>116</b>
<b>APÊNDICE B – PARTE DA PROGRAMAÇÃO EM VBA DO PROGRAMA PEASEB.....</b>	<b>127</b>
<b>APÊNDICE C – PLANILHA GERADA PELO PEASEB PARA OS MUNICÍPIOS ESCOLHIDOS DO MARANHÃO .....</b>	<b>134</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>161</b>



## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 - Potência acumulada de sistemas fotovoltaicos no mundo .....	26
TABELA 3.2 - Utilização mundial da energia eólica .....	33
TABELA 3.3 - Principais parques eólicos no Brasil .....	34
TABELA 3.4 - Consumo mundial de energia elétrica (MW).....	42
TABELA 3.5 - Potência instalado/geração de excedentes no setor sucroalcooleiro no Brasil (MW) .....	42
TABELA 3.6 - Resumo das fontes de energias alternativas.....	43
TABELA 3.7 - Resumo dos projetos de fontes de energias alternativas no Brasil.....	45
TABELA 4.1 - Potencial de geração de energia elétrica no Nordeste .....	48
TABELA 4.2 - Expansão da oferta de energia elétrica .....	49
TABELA 4.3 - Domicílios eletrificados e não-eletrificados por estado do Nordeste .....	51
TABELA 4.4 - Banco de Dados do Estado do Maranhão (parte da planilha).....	56
TABELA 6.1 - Valores dos componentes de um sistema fotovoltaico em 30 anos.....	67
TABELA 6.2 - Valores dos componentes de um sistema eólico em 20 anos.....	74
TABELA 6.3 - Valores dos componentes de um sistema de biomassa em 10 anos .....	82

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 - Matriz de oferta de energia elétrica (2007) .....	14
FIGURA 3.1 - Sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica .....	25
FIGURA 3.2 - Sistemas eólicos .....	30
FIGURA 3.3 - Sistema de biomassa .....	39
FIGURA 4.1 - Capacidade de energia elétrica instalada por região do Brasil (2006) .....	46
FIGURA 4.2 - Números absolutos da exclusão elétrica rural por estado da federação .....	47
FIGURA 4.3 - Índices básicos .....	50
FIGURA 4.4 - Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil por região .....	50
FIGURA 4.5 - Mapa de construção de geração de energia .....	51
FIGURA 6.1 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “ENERGIA SOLAR” .....	68
FIGURA 6.2 - “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Solar” no PEASEB .....	69
FIGURA 6.3 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos gerados pelo PEASEB .....	70
FIGURA 6.4 - Planilha “grafsolar” contém os gráficos gerados pelo PEASEB .....	71
FIGURA 6.5 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “ENERGIA EÓLICA” .....	76
FIGURA 6.6 - “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Eólica” no PEASEB .....	77
FIGURA 6.7 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos, gerada pelo PEASEB .....	78
FIGURA 6.8 - Planilha “grafeol” contém os gráficos gerados pelo PEASEB .....	78
FIGURA 6.9 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “BIOMASSA” .....	83
FIGURA 6.10 - “Cálculo da Viabilidade Econômica – Biomassa” no PEASEB .....	84
FIGURA 6.11 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos, gerados pelo PEASEB .....	85
FIGURA 6.12 - Planilha “grafbio” contém gráficos gerados pelo PEASEB .....	85
FIGURA 6.13 - Planilha “grafcomp” contém gráficos comparativos entre as fontes alternativas gerados pelo PEASEB .....	86
FIGURA 6.14 - Planilha “grafvida” com o gráfico da vida das instalações construídos a partir de dados dos fabricantes .....	87
FIGURA 6.15 - O botão “Sobre o PEASEB” na planilha “ABERTURA” .....	87
FIGURA 7.1 - Custo total do empreendimento solar fotovoltaico em 30 anos em função de número de habitantes .....	90
FIGURA 7.2 - Custo total do empreendimento eólico em 20 anos em função de número de habitantes .....	91
FIGURA 7.3 - Custo total do empreendimento de biomassa em 10 anos em função de número de habitantes .....	92
FIGURA 7.4 - Comparação dos custos totais dos empreendimentos solar e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes .....	93
FIGURA 7.5 - Comparação dos custos totais dos empreendimentos de biomassa e eólico, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes .....	93
FIGURA 7.6 - Comparação dos custos totais de um sistema, solar, eólico e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes .....	94

- FIGURA 7.7 - Comparação dos custos da energia por kWh entre as energias, solar, eólico e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes ..... 95
- FIGURA 7.8 - Comparação dos números de sistemas, solar, eólico e de biomassa em função do número de habitantes..... 95
- FIGURA 7.9 - Comparação dos custos totais de um sistema, solar, eólico e de biomassa em função do tempo de vida da instalação..... 96

**ABREVIATURAS**

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BAPT	<i>Buenos Aires Presición Tecnológica</i>
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
CELESC	Centrais Elétrica de Santa Catarina
CELPA	Centrais Elétricas do Pará
CELPE	Companhia Energética de Pernambuco
CEMA	Centro de Mecânica Aplicada
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CENBIO	Centro Nacional de Referência em Biomassa
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CHESP	Companhia Hidroelétrica São Patrício
COELBA	Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia
COELCE	Companhia Energética do Ceará
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CRESESB	Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sálvio Brito
CT	Centro Tecnológico
CTA	Centro Tecnológico da Aeronáutica
DNDE	Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético
EIA	Relatório de Impacto Ambiental
ELETRORÁS	Centrais Elétricas Brasileiras
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil

EMBRATEL	Empresa Brasileira de Telecomunicações
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
G8	Grupo Internacional dos Oito Países mais desenvolvidos
GEDAE	Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas
GTEF	Grupo de trabalho em Energia Fotovoltaica
GTP	Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes Convencionais
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEE	Instituto de Eletrotécnica e Energia
IRIS	<i>International Reactor Innovative and Secure</i>
LABSOLAR	Laboratório Solar
LDO	Lei de Diretrizes Orçamentárias
MME	Ministério de Minas e Energia
PAC	Plano de Aceleração do Crescimento
PEASEB	Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas
PETROBRÁS	Petróleo Brasileiro
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIB	Produto Interno Bruto
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento da Energia Elétrica

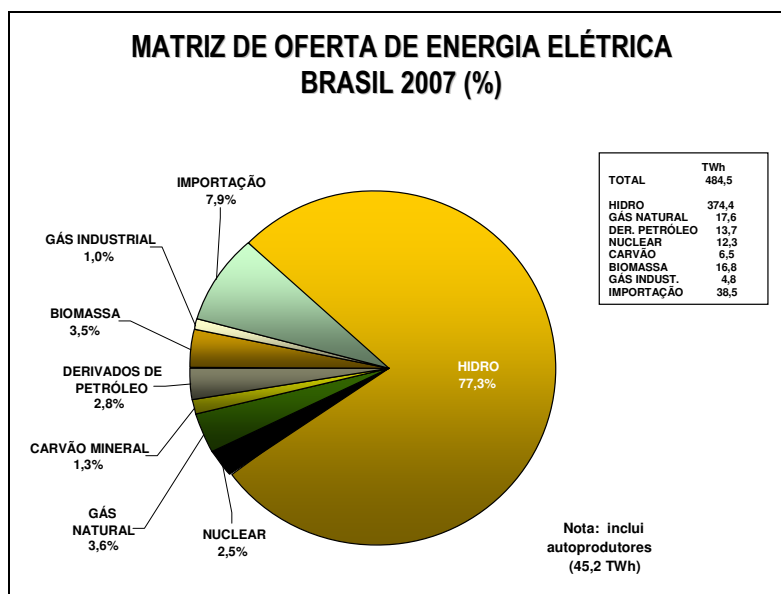
PPA	Plano Plurianual do Orçamento
PRODEEM	Programa para Desenvolvimento Energético nos Estados e Municípios
PROINFA	Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SFV	Sistema Fotovoltaico
SIN	Sistema Elétrico Interligado Nacional
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFPB	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNICAMP	Universidade de Campinas
UPR	Unidade de Programação
USP	Universidade de São Paulo
VBA	<i>Visual Basic Application</i>

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos grandes desafios do governo brasileiro, além de evitar a crise de abastecimento, prevista a partir de 2013, é levar a energia elétrica a toda população da nação. Uma vez atendida, esta necessidade diminuiria a zero o mapa da exclusão elétrica no país que, majoritariamente, se localiza nas áreas de menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), ou seja, áreas onde vivem as famílias de baixa renda.

O suprimento da energia elétrica seria o principal fator de desenvolvimento social e econômico destas comunidades, contribuindo para a redução da pobreza, o aumento da renda familiar, e a integração dos programas sociais do governo federal, além do acesso a serviços de saúde e educação.

No Brasil existem 1.707 empreendimentos em operação, gerando 101.063.856 kW de potência onde 77% da energia elétrica produzida são provenientes de fontes de hidroeletricidade e o restante provém, principalmente, de usinas termoelétricas e termonucleares, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [1]. Na FIG. 1.1 é mostrada a matriz de oferta de energia elétrica no Brasil, fornecida pelo Ministério de Minas e Energia em 2007 (MME) [2].



Fonte: MME-2007

FIGURA 1.1 - Matriz de oferta de energia elétrica (2007)

Diante deste cenário, o maior desafio do setor energético no Brasil, além de evitar a crise de abastecimento a partir de 2013, é suprir a demanda de energia que afeta, diretamente, 20 milhões de pessoas que vivem no meio rural e em condições de pobreza. Segundo o Seminário Internacional Fontes Alternativas de Energia e Eficiência Energética – Opção para uma Política Energética Sustentável no Brasil (2002) [3], as fontes necessárias para que esse desafio seja alcançado, além das principais já citadas na FIG. 1.1, são as fontes alternativas de energia. Estas fontes são singularmente importantes, pois permitem a inserção econômica e social de populações isoladas e excluídas, gerando medidas estruturais de empregos e rendas com custos ambientais locais e globais reduzidos.

Sendo o Brasil um país com recursos naturais significativos, existe a possibilidade de se ter um crescimento da matriz energética devido a estas fontes alternativas e, conseqüentemente, manter o comprometimento do país com a sustentabilidade, a inserção social e o crescimento econômico da população brasileira.

Uma das diretrizes lançada pelo governo federal para suprir esta demanda foi o Programa Luz para Todos [4], cujo objetivo é levar energia elétrica para mais de 10 milhões de pessoas do meio rural até 2008. Este Programa é coordenado pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) [5] que é subordinado ao MME, e, também, conta com a participação das Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS) [6], e de suas empresas controladoras.

Do ponto de vista do governo federal as hidroelétricas são a solução mais viável em curto prazo para suprir a demanda e também cumprir uma das etapas do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) [7], que visa evitar a crise de abastecimento de energia no país. Talvez esta solução não seja possível em curto prazo, pois o cumprimento das etapas do processo de licitação para a contratação das empresas responsáveis pela execução das obras e a obtenção das licenças ambientais necessárias para estes projetos necessitariam, sem dúvida, de um tempo muito maior do que o previsto pelo governo federal.

Diante deste cenário, não se pode deixar de levar em consideração um fator que, independente de qualquer ação a ser tomada para resolver o problema



da demanda de energia, é a continuidade desta ação, ou seja, a sustentabilidade do processo.

Este cenário de sustentabilidade só será atingido se houver diretrizes políticas rígidas para um planejamento energético eficaz, visando uma maior utilização das seguintes fontes alternativas de energia: solar, eólica e biomassa, para a geração de eletricidade. Este tipo de procedimento, com certeza, gerará novos empregos, preservará a biodiversidade e contribuirá, significativamente, com a redução das emissões dos gases de efeito estufa.

### **1.1 Objetivo do trabalho**

O objetivo principal deste trabalho é estudar a viabilidade econômica de algumas fontes alternativas de energia acessíveis à realidade brasileira. As fontes escolhidas neste estudo são: solar, eólica e biomassa, visando a sua utilização nas comunidades rurais do Nordeste do Brasil que não têm acesso à energia elétrica. Além disso, este trabalho tem o intuito de colaborar com as pesquisas e os estudos que vêm sendo realizados sobre o assunto a fim de suprir a demanda de energia elétrica destas comunidades.

### **1.2 Motivação do trabalho**

A motivação desse trabalho está baseada no aproveitamento das fontes alternativas de energia para o crescimento econômico do país, proporcionando a inclusão social da população existente nas comunidades isoladas do estado do Maranhão, que até hoje não tiveram a oportunidade de ter acesso a uma única lâmpada em suas residências, e apresentar outras possibilidades para suprir esta demanda, em curto prazo com qualidade e, principalmente, sustentabilidade.

### **1.3 Itens do trabalho**

No capítulo 2 da dissertação está descrita uma revisão bibliográfica da utilização das fontes solar, eólica e biomassa no Brasil e no mundo. No capítulo 3 são apresentados os esquemas de funcionamento de cada uma das fontes alternativas de energia elencadas neste trabalho e um breve histórico da evolução dos sistemas no Brasil. No capítulo 4 está descrito o estado do Maranhão e foi elaborado o banco de dados das comunidades típicas com população limitada. O

capítulo 5 contém a metodologia empregada para o cálculo da viabilidade econômica. No capítulo 6 são apresentadas as aplicações dos modelos de cálculo de custos desenvolvidos para cada uma das fontes alternativas de energia. O capítulo 7 contém a análise dos resultados e finalmente o capítulo 8 estão às conclusões do trabalho e propostas para trabalhos futuros.

O ANEXO A contém o potencial solar e os mapas de ventos, cartas solares e rosa dos ventos, potencial de biomassa especificamente para a região do Maranhão (São Luiz). No ANEXO B encontra-se o diagrama de expansão da geração de fontes alternativas no Brasil. Estão incluídas no ANEXO C as fotos por satélite de alguns municípios sem energia elétrica no estado do Maranhão, neste caso foram colocadas, como exemplo, as fotos de alguns dos municípios em ordem de distância física com a capital São Luiz (MA). No ANEXO D encontra-se a Resolução nº 257 do CONAMA sobre os procedimentos para descarte ou reutilização das baterias de sistemas de energias alternativas.

O Banco de Dados do Estado do Maranhão elaborado neste trabalho encontra-se no APÊNDICE A, que consiste em uma planilha EXCEL onde estão as informações, apenas, dos municípios e dos submunicípios entre 1.000 e 10.000 habitantes para esta região. No APÊNDICE B encontra-se parte da listagem da programação feita em VBA apenas para o cálculo dos custos para a fonte de energia solar, pois para os casos da eólica e da biomassa a programação é análoga. No APÊNDICE C está a planilha “tabela” gerada pelo programa elaborado neste trabalho com os cálculos de custos de cada uma das fontes alternativas de energia, para alguns dos municípios do Maranhão.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica apresentada considera alguns trabalhos relativos a fontes alternativas de energia no Brasil, no mundo e também relativo a pequenas comunidades.

A seguir são apresentados alguns dos trabalhos encontrados sobre energia eólica.

Rocha et al. [8] trata da análise da viabilidade econômico-financeira da utilização do potencial eólico da região Nordeste do Brasil para produção de energia, considerando o novo modelo do setor elétrico. O estudo refere-se ao projeto de uma central Eólica de 50 MW nesta região, com base em dados preliminares de ventos coletados no período de 1993 a 1995.

Segundo Casagrande et al. [9] a recente crise energética nacional trouxe à tona dois aspectos importantíssimos referentes à infra-estrutura do sistema elétrico no Brasil: a necessidade de investimentos no setor energético e a relação entre energia e desenvolvimento. A energia eólica, segundo o autor, é uma fonte de energia limpa e renovável, produzida pelo movimento de turbinas a partir do vento que pode atender de forma descentralizada, longínquas e carentes comunidades do interior do país. Segundo esta referência [9], está afirmado o levantamento dos dados de energia, da ANEEL e o MME, onde existem 100 mil comunidades remotas, com uma população média de 150 habitantes por povoado e 3 milhões de propriedades rurais vivendo com energia proveniente do diesel, respectivamente. Baseado nesta realidade, este artigo apresenta os resultados de protótipos de gerador eólicos, gerando 60 W e 100 W, desenvolvidos e testados por professores e alunos do Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-PR). O projeto focou os baixos custos de industrialização e de manutenção, o que permite seu aproveitamento, também, para movimentar outras fontes motrizes, como roda d'água ou mecanismos hidráulicos (Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs).

De acordo com o informativo nº 9, [10] do Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sálvio Brito (CRESESB), a Petrobrás implantou seu primeiro parque de geração eólica no município de Macau-RN. Segundo estudos,

esta energia é intrinsecamente renovável o que contribui com os recursos naturais e minimiza os impactos ambientais.

De acordo com a referência [10], estima-se que 2% da energia solar que incide sobre a Terra convertem-se em energia dos ventos, e que seu potencial é dezenas de vezes maior que a energia acumulada pelas plantas. Este informativo afirma, também, que o Brasil possui um grande potencial eólico concentrado nas regiões litorâneas, em particular no Nordeste, que se aproxima de 140 GW. Se este potencial pudesse ser convertido em energia elétrica a quantidade disponível seria onze vezes maior do que a fornecida pela hidrelétrica de Itaipu. Contudo, seu potencial gerado atualmente é inferior a 25 MW, situação diferente da Alemanha que possui uma capacidade instalada de 13 GW, a maior do mundo para este tipo de energia. Devido às vantagens potenciais das instalações eólicas, a PETROBRÁS estrategicamente, considera a possibilidade de incorporar esta fonte aos insumos energéticos explorados.

O Canadá, conforme o informativo nº 11, [11] CRESESB, anunciou recentemente um programa de US\$1,3 bilhões de incentivos para a produção de energias renováveis. Estima-se que estes recursos levarão à instalação de 4.000 MW de energia elétrica renovável em projetos que deverão estar implantados até 2012. A indústria canadense de energia eólica atravessa um período de grande desenvolvimento, tendo estabelecido sucessivos recordes ao instalar 240 MW em 2005 e 657 MW em 2006, o que representou, apenas neste último ano investimentos de US\$ 1 bilhão. O Canadá tem hoje 1.341 MW de capacidade eólica instalada, que corresponde a 0,5% do total de sua demanda por energia.

São descritos também alguns dos trabalhos desenvolvidos para a energia solar por meio de sistemas fotovoltaicos.

Fontoura [12] mostra a necessidade da criação de mecanismos para a garantia da qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio de sistemas fotovoltaicos na Bahia. Realiza uma revisão da estrutura legal e regulatória sobre o uso de energia solar fotovoltaica e a universalização da energia elétrica no país como a recém aprovada Lei nº 10.438. Ela institui a obrigatoriedade do fornecimento de energia elétrica em todo o território nacional e a Resolução nº 24/2000 da ANEEL, fala sobre a qualidade do serviço prestado pelas concessionárias. Este trabalho mostra que a energia solar poderá ser

utilizada como opção técnica para a eletrificação de residências no processo de universalização. Nele são fornecidas sugestões em dois pontos fundamentais que são: a definição de padrões técnicos e de índices de qualidade de serviço para a garantia da qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica com sistemas fotovoltaicos.

Trigoso [13] mostra uma interpretação do comportamento do consumo de energia elétrica baseada nos dados numéricos que foram coletados em 38 instalações fotovoltaicas domiciliares. A pesquisa envolveu igual número de famílias de 10 comunidades rurais, com diferentes características sócio-culturais, localizadas nos seguintes estados brasileiros: São Paulo, Pernambuco e Amazonas; e adicionalmente na região Puno, no Peru. Também se discute diversas questões acerca do consumo de energia elétrica em sistemas fotovoltaicos domiciliares e sua relação com o desenvolvimento socioeconômico. O objetivo principal é propor um procedimento para dimensionar esses sistemas fotovoltaicos que inclua os fatores que foram identificados e os que exercem forte influência no comportamento do consumo. Estes foram denominados fatores técnicos, gerenciais, psicológicos, geográficos, demográficos, socioculturais e econômicos. O procedimento proposto, em sua essência, indica que *'muitas pessoas consomem pouco e poucas pessoas consomem muito'*.

Shayani et al. [14] estudaram a comparação dos custos entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. As fontes renováveis de energia promovem o desenvolvimento sustentável, porém as vantagens de sua implantação de forma distribuída são prejudicadas pela mentalidade tradicional de fornecimento de energia de forma centralizada, que afeta, inclusive, a energia solar, a qual é, naturalmente, dispersa. O preço da energia solar, a qual elimina a necessidade de complexos sistemas de transmissão e distribuição, é calculado e comparado com o valor pago pelos consumidores residenciais finais, ao invés de ser confrontado com o preço ofertado pela usina geradora. Com a previsão de redução anual do custo dos sistemas solares e a valoração dos custos ambientais e sociais da geração centralizada, o sistema solar tende a se tornar economicamente competitivo e alternativo para comunidades isoladas, em curto prazo.

Conforme o informativo nº 2, [15] CRESESB, as pequenas comunidades das zonas rurais mais pobres ao Norte e Nordeste de Minas Gerais

estão saindo do isolamento que as condenava tão somente à busca de subsistência. Ainda em fase de experimentação, o projeto mostra a eficiência destas alternativas energéticas. A utilização da energia do sol transforma-se em instrumento de desenvolvimento social e econômico, pois permite que pontos distantes da rede elétrica convencional sejam atingidos. Os moradores do vilarejo de Macacos, no Município de Comercinho, a 650 km de Belo Horizonte, não tinham perspectivas de superar a miséria do Vale do Jequitinhonha. Os sistemas fotovoltaicos para a captação da luz do sol foram instalados em 17 residências, bem como na escola local, e permitiram o funcionamento de um poço artesiano comunitário. Esse projeto resultou de convênio com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), da ELETROBRÁS. Os principais equipamentos, painéis, controladores, uma bomba e inversores foram doados pelos EUA.

Finalmente, são apresentados, a seguir, alguns trabalhos de produção de energia a partir da biomassa.

Rodrigues et al. [16] do Pará, mostra um grande número de comunidades rurais isoladas sem acesso às redes de transmissão de energia elétrica, o que prejudica, de maneira decisiva, o desenvolvimento econômico da região. Atualmente é comum nestas comunidades utilizar a eletricidade proveniente da queima de combustíveis fósseis, que resulta na emissão de gases de efeito estufa, tornando esta forma de obtenção de energia ambientalmente indesejável. Assim sendo, há uma busca por novas alternativas energéticas que venham suprir as necessidades dessas comunidades, que minimizem os prejuízos ambientais e que contribuam para o desenvolvimento do estado. Levantamentos de dados de produção de resíduos de biomassa realizados indicaram uma produção anual de 233.457 t de casca de cacau, 93.521 t de caroço de açaí e 528.175 t de serragem, para o estado do Pará. A produção de briquetes é uma das melhores alternativas de utilização do potencial de biomassa, pois, por meio desta, pode-se estocar estes resíduos. Este procedimento previne a região da escassez nos períodos de entressafra e melhora suas características termo físicas. O processo de produção vai desde a escolha de matérias-primas qualificadas até a análise do produto final para verificação de sua durabilidade e das características de sua queima, onde se obtém o poder calorífico do briquete e se analisa o produto residual de sua queima para evitar contaminação ambiental.

Nogueira et al. [17] dizem em seu artigo que a biomassa energética participa ainda marginalmente na oferta de energia elétrica no Brasil. No entanto, diante das condicionantes econômicas, tecnológicas e institucionais há a projeção de um aumento desta participação, seja em unidades de co-geração no contexto industrial, empregando bagaço, lenha e lixívia celulósica, seja em unidades do serviço público ou de pequenos grupos. Este trabalho apresenta informações gerais sobre o papel da biomassa na produção de eletricidade no Brasil e leva em conta dados técnicos, econômicos e ambientais.

Pimentel [18] desenvolveu, em seu doutorado, uma análise do funcionamento de geradores a diesel operando com óleo de dendê *in natura*. Esta opção, segundo a pesquisadora, é a mais viável para a geração de energia para as comunidades isoladas, porque são poucas as alterações realizadas no motor para adaptá-lo ao óleo de dendê. Este sistema apresenta emissões de monóxido de carbono, dióxido de carbono e hidrocarbonetos menores que o motor original e sua viabilidade técnica já está sendo comprovada, também, pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (CEMBIO) e nas comunidades isoladas da Amazônia.

Blasques et al. [19] realizou uma análise de sensibilidade do custo da energia elétrica fornecida a uma pequena comunidade, com características tipicamente amazônicas, por diferentes tecnologias (interligação à rede, geração diesel-elétrica, solar fotovoltaica, eólica, biomassa e com sistema híbrido) em relação ao consumo e à disponibilidade de recursos energéticos. Verificou-se que a solução híbrida pode ser competitiva frente ao diesel e à rede, particularmente quando esta distância é mais de 10 km da comunidade, e que a biomassa é vantajosa em relação ao diesel e à rede, se o seu custo inicial for inferior a US\$ 3.000,00 por kW.

Suani et al. [20] realizou um projeto de comparação entre tecnologias de gaseificação de biomassa existentes no Brasil e no exterior, contando com o convênio FINEP/CT-ENERG. Este trabalho tem como objetivo central o estudo da geração de energia elétrica através da tecnologia indiana de gaseificação de biomassa e a sua implantação em comunidades isoladas na região Norte do país, de maneira sustentável, oferecendo uma alternativa aos combustíveis fósseis. O projeto também visa avaliar as condições de operação deste sistema e formar recursos humanos, capacitando pessoal local na operação e manutenção.

Deve-se salientar que estão listados neste item da dissertação os trabalhos mais relevantes que foram encontrados sobre o assunto. No entanto, ao longo deste levantamento foram encontradas as evoluções históricas no Brasil para cada uma das fontes alternativas, solar, eólica e biomassa. Decidiu-se então que este material encontrado deveria ficar respectivamente com a descrição de cada uma destas fontes de energia, que por sua vez estão detalhadas no capítulo 3 deste trabalho.



### **3. FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA**

As fontes alternativas de energia, escolhidas para suprir a demanda existente nos municípios selecionados neste trabalho, são conhecidas como as que causam menor impacto ambiental, contribuem com o desenvolvimento sustentável e favorecem a diminuição dos gases de efeito estufa. No caso das fontes alternativas de energia eólica e solar, existe a viabilidade de construção e de geração de energia elétrica em curto prazo de tempo. No caso da fonte de biomassa, a previsão de geração para instalações de médio porte é em longo prazo, considerando que a matéria prima não esteja disponível no momento e seja necessário o seu plantio.

Com a finalidade de se ter informações relevantes a respeito das fontes de energia, solar, eólica e biomassa, serão fornecidas a seguir uma descrição sucinta e um breve histórico de cada uma delas.

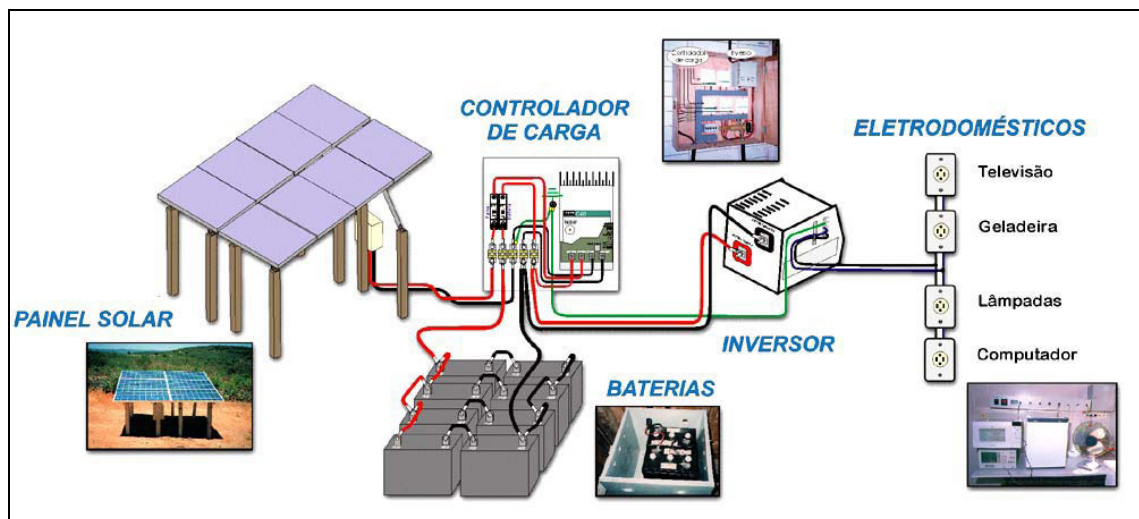
#### **3.1 Energia solar**

A energia solar é a energia eletromagnética do sol, que é produzida através de reações nucleares, ela é propagada através do espaço interplanetário e incide na superfície da Terra. O total desta energia é superior a 10.000 vezes o consumo anual de energia utilizada pela humanidade. Ressalta-se que não existe disponibilidade de energia solar o ano todo e a mesma varia em decorrência das estações do ano (mínimo no inverno e máximo no verão), bem como do clima do local.

Existem duas formas principais de aproveitamento da energia solar: a fotovoltaica que gera energia elétrica através de módulos fotovoltaicos e a térmica que é o aproveitamento sob forma de calor para aquecimento da água, secagem de produtos agropecuários e geração de energia elétrica através de processo termodinâmico. Neste trabalho é considerado o sistema fotovoltaico, pois é uma alternativa de geração de eletricidade para pequenas aplicações, geralmente usado para lugares isolados ou que não tem possibilidade de fornecimento convencional de eletricidade. O Sistema Fotovoltaico (SFV) é um dispositivo que converte a energia luminosa diretamente em energia elétrica em corrente

contínua (CC), e que, quando exposto à radiação solar, funciona como gerador de energia elétrica. Este sistema é produzido com silício, um material semicondutor.

Os componentes dos sistemas fotovoltaicos, FIG. 3.1, são: o painel solar, composto por um ou mais módulos fotovoltaicos que funcionam como geradores de energia elétrica. A capacidade destes geradores, é medida segundo padrões internacionais, utilizados por todos os fabricantes. A potência produzida nestas condições é expressa na unidade denominada Watts pico (Wp). A energia produzida não é constante, varia de forma diretamente proporcional à luminosidade incidente; o banco de baterias, composto por uma ou mais baterias, normalmente de chumbo-ácido de 12 V seladas. As baterias funcionam como armazenadores de energia elétrica para uso durante a noite e em períodos de nebulosidade, onde não há disponibilidade de radiação solar; o controlador de carga, conectado às baterias, é o dispositivo eletrônico que protege as baterias contra sobrecarga ou descarga excessiva; e o inversor conectado ao controlador de carga, um dispositivo eletrônico que converte a energia elétrica de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), de forma a permitir a utilização de eletrodomésticos convencionais. Alguns sistemas pequenos não empregam os inversores e utilizam as cargas para luminárias, TV, entre outros, e que são alimentadas diretamente por corrente contínua.



Fonte CEPEL

FIGURA 3.1 - Sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica

O sistema fotovoltaico tem sido utilizado no Brasil para eletrificação rural, atendendo às cargas elétricas distantes da rede elétrica convencional. Nestes casos tais sistemas são economicamente viáveis, devido aos elevados custos de expansão da rede elétrica. Por exemplo, pequenos sistemas fotovoltaicos autônomos de geração de energia elétrica (100 Wp a 150 Wp), usados para atender uma residência rural distante da rede elétrica (iluminação básica e TV) já são bastante conhecidos em muitas regiões rurais do mundo, inclusive no nosso país. No entanto, estes sistemas ainda são pouco explorados e não condizem com os recursos naturais disponíveis no Brasil ao contrário do cenário mundial, como pode ser visto na TAB. 3.1.

TABELA 3.1 - Potência acumulada de sistemas fotovoltaicos no mundo

PAÍS	CAPACIDADE INSTALADA ACUMULADA (kWp)						(%)
	1992	1994	1996	1998	1999	2000	
Austrália	7.300	10.700	15.700	22.520	25.320	29.210	4,12
Áustria	524	1.062	1.739	2.861	5.672	3.672	0,52
Canadá	960	1.510	2.560	4.470	5.826	4.154	0,59
Suíça	4.710	6.692	8.392	11.500	13.400	15.300	2,16
Dinamarca	-	100	245	505	1.070	1.460	0,21
Alemanha	5.619	12.440	27.890	53.900	69.500	113.800	16,06
Espanha	3.950	5.660	6.933	8.000	9.080	9.080	1,28
EUA	43.500	57.800	76.500	100.100	117.300	138.800	19,60
Finlândia	914	1.156	1.511	2.170	2.302	2.552	0,36
França	1.751	2.437	4.392	7.631	9.121	11.331	1,60
Inglaterra	173	338	423	690	1.131	1.929	0,27
Israel	100	150	210	308	401	441	0,06
Itália	8.480	14.090	16.008	17.680	18.480	19.000	2,68
Japão	19.000	31.240	59.640	133.400	208.600	317.500	44,80
Coréia	1.471	1.681	2.113	2.982	3.459	3.960	0,56
México	5.400	8.820	10.020	12.022	12.922	14.009	1,98
Holanda	1.270	1.963	3.257	6.480	9.195	12.759	1,80
Noruega	3.800	4.400	4.900	5.404	5.726	6.030	0,85
Portugal	169	258	424	648	844	928	0,13
Suécia	800	1.337	1.849	2.370	2.584	2.805	0,40
<b>Total</b>	<b>109.831</b>	<b>163.834</b>	<b>244.706</b>	<b>395.641</b>	<b>521.933</b>	<b>708.720</b>	<b>100,00</b>
<b>Cresc.(%)</b>	<b>-</b>	<b>22,1</b>	<b>22,2</b>	<b>27,2</b>	<b>31,9</b>	<b>35,8</b>	

Fonte: Halcrow, 2001

No sistema fotovoltaico existem impactos ambientais importantes em duas fases: na fase da produção dos módulos e no fim da vida útil, após 30 anos de geração, quando será descomissionada, reciclada parcialmente, e o restante disposto em algum aterro sanitário, não existe ainda uma experiência operacional acumulada em reciclagem e disposição final de lixos decorrentes da produção e

utilização de sistemas fotovoltaicos. Em relação às baterias, a Resolução nº 257 do CONAMA [21], apresentada no Anexo D, disciplina os procedimentos para descarte, assim como, o gerenciamento para a reutilização, a reciclagem, o tratamento ou a disposição final das baterias, preservando assim o meio ambiente.

### **3.1.1 Evolução histórica da energia solar**

Embora o desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica e as primeiras aplicações comerciais das células fotovoltaicas, em satélites artificiais, tenham ocorrido no final da década de 50 e início da década de 60, foi somente em meados da década de 70, com a crise do petróleo, que se passou a considerar a utilização terrestre das células fotovoltaicas para geração de energia elétrica em grande escala [22].

No início dos anos 80, impulsionada pela crise do petróleo, verificou-se a existência de um importante nível de atividade científica relativa ao desenvolvimento de células solares de vários tipos, materiais e estruturas. Surgia também uma indústria brasileira de módulos fotovoltaicos, a única na América Latina. As primeiras aplicações de importância foram iniciadas, especialmente, no âmbito das telecomunicações. Programas regionais utilizando sistemas de bombeamento fotovoltaico também foram implementados.

A pesquisa sobre energia solar no Brasil, em sua quase totalidade, esteve restrita às universidades e centros de pesquisa. As primeiras tentativas de implantação de um centro de pesquisas no campo da energia solar foram realizadas pelo Centro de Mecânica Aplicada - CEMA do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, por iniciativa do Dr. Teodoro Oniga, em 1952 [22]. No entanto, apenas por ocasião da realização do X Congresso Brasileiro de Química foi lançada a idéia de promover a utilização da energia solar no Brasil [22].

A seguir, estão listados, cronologicamente, os desenvolvimentos realizados no Brasil nesta área [22]:

- ✚ 1974: pesquisadores do Laboratório de Microeletrônica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo iniciaram trabalhos de pesquisa sobre células solares de silício. Foram desenvolvidas técnicas de fabricação visando à redução de custos das células solares de Silício monocristalino. As atividades deste grupo se estenderam até 1989;

- ✚ 1976: foi criado, na Universidade Federal de Rio Grande do Sul o Laboratório de Energia Solar e iniciadas atividades de pesquisa e de pós-graduação nas áreas da conversão térmica e radiação solar;
- ✚ 1978: foi criado o Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia, na Universidade Federal de Pernambuco. Inicialmente, o grupo dedicou-se ao desenvolvimento de concentradores parabólicos compostos, destinados tanto à conversão de energia solar em energia térmica como em fotovoltaica e, posteriormente, ao estudo de sistemas de bombeamento fotovoltaico com coletores fixos e com rastreamento;
- ✚ 1980: o Laboratório de Conversão Fotovoltaica da Universidade de Campinas - UNICAMP iniciou um estudo de células solares de materiais cristalinos, policristalino e amorfo, além do empenho no desenvolvimento de células solares de baixo custo;
- ✚ 1989: o Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE - USP) iniciou as pesquisas em energias renováveis, sendo que o Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos, que faz parte do instituto, vem estudando sistemas fotovoltaicos integrados à rede e os sistemas autônomos;
- ✚ 1990: o Laboratório Solar (Labsolar) da Universidade Federal de Santa Catarina realiza pesquisas e cursos na área de energia solar no Brasil. Desde 1995 são desenvolvidas atividades no campo da conversão fotovoltaica, incluindo a montagem e acompanhamento de um sistema fotovoltaico com silício amorfo conectado à rede;
- ✚ 1992: a ELETROBRÁS, com a necessidade de acompanhar a evolução da tecnologia fotovoltaica, cria no CEPEL, em setembro de 1992, o Grupo de Trabalho em Energia Fotovoltaica. – GTEF. Este grupo, constituído por profissionais de diversas concessionárias de energia elétrica e por pesquisadores de universidades, promoveu a elaboração do Manual de Engenharia

para Sistemas Fotovoltaicos, editado posteriormente pelo CRESESB;

- ✚ 1994: criou-se uma comissão, encabeçada pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), encarregada de estabelecer as diretrizes do Programa Brasileiro de Disseminação das Energias Renováveis. Na cidade de Belo Horizonte, neste mesmo ano, houve a primeira reunião onde foram estabelecidas linhas de ação relativas a questões políticas, legislativas, administrativas e institucionais, tecnológicas, financeiras e fiscais; treinamento de recursos humanos; e divulgação. O relatório identifica a necessidade de criação de um Centro de Referência para as energias solar e eólica no Brasil. Os Ministérios de Minas e Energia e de Ciência e Tecnologia recomendam que este Centro fosse implantado no Centro de Pesquisa em Energia Elétrica (CEPEL) e posteriormente denominado Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sálvio Brito (CRESESB);
- ✚ 1994: estabelecimento do Programa para o Desenvolvimento Energético nos Estados e Municípios – PRODEEM, concebido pelo Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético (DNDE) do Ministério de Minas e Energia e instituído em 22 de dezembro de 1994, por decreto presidencial. O PRODEEM define claramente seus objetivos, sendo:

*‘O programa é uma iniciativa que visa levar energia elétrica às comunidades rurais desassistidas, utilizando recursos naturais, renováveis e não poluentes disponíveis nas próprias localidades. Dentre as diversas vantagens desta iniciativa devem ser destacados o desenvolvimento social e econômico de áreas rurais, com impactos diretos no nível de emprego e renda, com a conseqüente redução dos ciclos migratórios em direção aos grandes centros urbanos’, (Informe PRODEEM, abril 1998);*
- ✚ 1994: O Grupo de Estudos e Desenvolvimento de Alternativas Energéticas (GEDAE), vinculado ao Centro Tecnológico (CT) da Universidade Federal do Pará (UFPA), desenvolveu o estudo sobre sistemas fotovoltaicos combinados com alternativas energéticas.

### 3.2 Energia eólica

A energia eólica é a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre pela conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, chamadas também de aerogeradores, que geram eletricidade. Este recurso não está disponível durante o ano todo, pois apresentam variações anuais (em função de alterações climáticas), variações sazonais (em função das diferentes estações do ano), variações locais (causadas pelo microclima local), horárias e variações de curta duração (rajadas) [23].

As principais aplicações dos sistemas eólicos são os Parques Eólicos, que são sistemas de grande porte, com potência instalada na faixa de unidades de dezenas de MW. Existem também sistemas isolados, que são autônomos e de pequeno porte, com potência instalada na faixa de centenas de W, normalmente destinados à eletrificação rural, como pode ser visto na FIG.3.2.



(a) Pequeno Porte ( $\leq 10$  kW) - Residências, Fazendas e Aplicações Remotas



(b) Grande Porte (250 kW - 2MW) - Fazendas Eólicas e Geração Distribuída

FIGURA 3.2 - Sistemas eólicos

Os equipamentos que compõem um sistema eólico autônomo para geração de energia elétrica são: os aerogeradores, o banco de baterias que

normalmente são de chumbo-ácido de 12 V seladas e funcionam como elementos armazenadores de energia elétrica, os controladores de carga, que são dispositivos eletrônicos que protegem as baterias contra sobrecarga ou descarga excessiva e os inversores que são dispositivos eletrônicos que convertem a energia elétrica em corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). Alguns sistemas pequenos não empregam os inversores e utilizam cargas alimentadas diretamente por corrente contínua (CC), tais como luminárias, TV, etc., Considerando que os aerogeradores produzem energia em um nível de CC compatível com o banco de baterias; caso contrário, são ainda necessários outros dispositivos para efetuar a conversão.

A energia eólica é economicamente viável nos locais onde os ventos são favoráveis. No caso dos sistemas isolados de pequeno porte a viabilidade é obtida naturalmente para baixas velocidades de vento, pois devem ser comparados os custos dos sistemas eólicos com os custos de extensão da rede elétrica. Este tipo de comparação não se aplica aos parques eólicos, pois neste caso a comparação é feita em relação à geração de energia convencional (hidroelétrica, térmica, etc.). Nos locais onde os ventos são favoráveis, os investimentos em energia eólica são bastante rentáveis e têm sido explorados em todo o mundo pela iniciativa privada.

Os impactos ambientais para os equipamentos de pequeno porte são desprezíveis e os relacionados aos parques eólicos estão classificados em quatro grupos: impacto visual, emissão de ruído, destruição da fauna e, em algumas instalações, as baterias. Os ruídos nos aerogeradores são devidos ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico e decrescem de 50 dB, junto ao aerogerador, a 35 dB numa distância de 450 m. Os efeitos fisiológicos de ruídos sobre o sistema auditivo humano e a lesão de diferentes funções orgânicas é sentida apenas a partir de 65 dB, conforme [24]. O descarte das baterias atende ao procedimento da Resolução nº 257 - CONAMA (Anexo D). Existe preocupação em relação à fauna para que os sistemas não sejam instalados na rota dos pássaros, há um estudo sobre isso para as grandes instalações. No que diz respeito ao impacto visual, o benefício que esta energia traz é maior que a visualização das pás. Para este problema não se tem muito que fazer a não ser olhar as grandes pás como uma das soluções de energia limpa para o nosso planeta [24].



### **3.2.1 Evolução histórica da energia eólica**

Através da história o homem aprendeu a utilizar a força dos ventos. Pelo menos há 5.000 anos os egípcios já utilizavam o vento para a navegação no Nilo, e no século XIV os holandeses alcançaram a liderança na melhoria dos projetos de moinhos de vento para moagem de trigo; para o bombeamento de água e para prover trabalho mecânico para serrarias.

No século XX pequenos moinhos de vento foram utilizados para bombeamento de água e geração de energia elétrica. Nos anos 70, com a primeira crise do petróleo, a geração de energia elétrica via sistemas eólicos se tornou, em algumas situações, economicamente viável e também fonte estratégica para muitas nações.

Muitos institutos de pesquisa no mundo concentraram esforços no desenvolvimento de sistemas eficientes, de baixo custo e de larga faixa de operação.

Atualmente, mesmo com o preço internacional do petróleo em patamares estáveis e significativamente inferiores ao verificado no período da crise, o uso dessa fonte de energia renovável, virtualmente inexaurível, tem grande importância por se tratar de uma geração livre de emissões de poluentes e de custos de implantação progressivamente baixos. Alguns especialistas argumentam que a tecnologia e os preços dos aerogeradores modernos alcançaram um patamar onde, dificilmente, haverá maiores evoluções. Isso, no entanto, contraria a trajetória de desenvolvimento tecnológico observada nas últimas décadas para muitos sistemas de produção e uso de energia eólica.

A utilização da energia eólica no mundo para a produção de eletricidade em larga escala vem sendo cada vez mais difundida entre os diversos países de todos os continentes. Iniciada na Europa com a Alemanha, Dinamarca e Holanda e, posteriormente, nos Estados Unidos, a energia eólica hoje está presente em vários outros países da Europa como: Espanha, Portugal, Itália, Bélgica e Reino Unido, além de ter uma crescente penetração em países da América Latina, África e Ásia, conforme demonstrado na TAB. 3.2.

TABELA 3.2 - Utilização mundial da energia eólica

PAÍS	Capacidade instalada no final de 2001 (MW)	Capacidade instalada no final de 2000 (MW)	Capacidade instalada no final de 1999 (MW)	Capacidade instalada no final de 1998 (MW)
Alemanha	8.754	6.095	4.443	2.875
Estados Unidos	4.258	2.564	2.534	1.820
Espanha	3.337	2.535	1.542	834
Dinamarca	2.534	2.417	1.771	1.383
Índia	1.500	1.260	1.035	992
Itália	697	427	283	178
Países Baixos	483	443	411	361
Reino Unido	474	409	347	333
China	404	352	262	200
Japão	316	142	68	30
Grécia	299	274	158	55
Suécia	290	241	215	174
Canadá	198	137	125	82
Portugal	153	111	61	51
Irlanda	125	119	73	73
França	116	63	25	21
Áustria	95	77	42	30
Austrália	71	30	9	9
Costa Rica	71	51	51	27
Egito	69	69	36	6
Marrocos	54	54	14	0
Polónia	51	5	5	5
Finlândia	39	39	39	18
Nova Zelândia	35	35	35	24
Bélgica	31	13	9	6
Argentina	27	16	15	14
<b>Brasil</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>17</b>
Turquia	19	19	9	9
Noruega	17	13	13	9
Luxemburgo	15	15	13	9
Irã	11	11	11	11
Tunísia	11	11	0	0
<b>Total</b>	<b>24.576</b>	<b>18.069</b>	<b>13.673</b>	<b>9.656</b>

Fonte: NEW ENERGY, 2002; ANEEL, 2002

No Brasil a dinâmica da tecnologia de produção de energia eólica está dispersa em ações isoladas de universidades, centros de pesquisas e concessionárias, com uma produção científica e tecnológica que somente ganhou destaque a partir do final da década de 70 e ao longo da década de 80. Nesse período foram criados diversos grupos e projetos com destaque no Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), na Universidade Federal de Pernambuco

(UFPB), na UNICAMP, na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e na CEPEL. Ao mesmo tempo concessionárias de energia iniciaram inventários de potencial eólico, como no caso da ELETROBRÁS, da Companhia Hidroelétrica São Patrício (CHESP) e Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

Na década de 90, outras concessionárias, notadamente a Companhia Energética do Ceará (COELCE), Companhia Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA), Companhia Paranaense de Energia (COPEL), Centrais Elétricas do Pará (CELPA) e Centrais Elétricas de Santa Catarina (CELESC), iniciaram medições prospectivas, e surgiram os primeiros parques eólicos conforme TAB 3.3.

TABELA 3.3 - Principais parques eólicos no Brasil

Local	Inauguração	Potência Instalada (MW)	Número de Turbinas
Camelinho - MG	agosto-94	1,0	4 turbinas Tacke de 250kW. Estação experimental
Taiba - CE	dezembro-98	5,0	10 turbinas ENERCON E-40 de 40 m de diâmetro do rotor e torres de 45m. Primeira usina eólica construída sobre dunas
Prainha - CE	janeiro-99	10,0	20 turbinas ENERCON E-40
Palmas - PR	fevereiro-99	2,5	5 turbinas E-40
Fernando de Noronha - PE	março-00	0,25	1 turbina Vestas de 250kW
Mucuripe - CE	novembro-01	2,4	4 turbinas ENERCON E-40
Bom Jardim da Serra -SC	abril-02	0,6	1 turbina ENERCON E-40
<b>Total</b>		<b>21,75</b>	

Fonte: Wobben Windpower, 2008

Os principais acontecimentos referentes ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil são os seguintes [22]:

- ✚ 1976 – 82: no Instituto de Aeronáutica e Espaço (IEA) no CTA foram desenvolvidas turbinas de 2 kW e 5 kW, instaladas e testadas no centro de lançamento de foguetes da Barreira do Inferno, próximo a Natal;
- ✚ na década de 80: com projetos da UFRGS, foram instalados no meio rural do Rio Grande do Sul aerogeradores (*Wind-Charger*) de duas pás, não havendo registros da quantidade que foi instalada;

- ✚ 1985: na UFRGS foi desenvolvido um aerogerador *Darrieus* de 3 kW. Este foi instalado numa estação da Empresa Brasileira de Telecomunicações (EMBRATEL), no Morro da Polícia em Porto Alegre, junto a uma estação de microondas. Por falta de apoio da EMBRATEL para sua continuidade, o projeto foi abandonado mais tarde;
- ✚ 1988: foi publicado o mapa eólico do Rio Grande do Sul, realizado pelo Prof. Debi Pada Sadhu, formado por isolinhas de vento baseadas no levantamento e na análise de 42 estações anemométricas distribuídas pelo Estado;
- ✚ 1991: firmado convênio entre a firma italiana *Riva-Calzoni* e UFRGS, resultando na instalação de 10 torres com anemômetros a 10 m de altura, de marca *Buenos Aires Presición Tecnológica* (BAPT), todos na costa do Rio Grande do Sul. Estes anemômetros contavam com um sensor de velocidade (tipo conchas), uma estação de registro e uma unidade de programação (UPR) e coleta de dados. Utilizava-se um computador para transferência da informação pré-coletada. Neste projeto se fez um acompanhamento pelo período de um ano, o qual possibilitou a seleção de locais para um segundo projeto que envolveu a instalação de duas turbinas de 5,2 kW;
- ✚ 1985-92: a CEMIG, além de medições de potencial eólico, a partir da década de 70, instalou e operou três geradores de 2,2 kW, sendo duas turbinas da marca *NorthWind* americana e uma fabricada no Brasil pela empresa Composite. O pequeno parque eólico foi instalado no morro do Camelinho (MG) onde a CEMIG possui estações repetidoras de telecomunicações;
- ✚ no início da década de 90: a CELPE instalou, em parceria com *Folkcenter* da Dinamarca, um aerogerador de 75 kW (com 13 m de diâmetro de rotor) na ilha de Fernando de Noronha. O aerogerador foi interligado ao sistema de base diesel-elétrico que atende á ilha;

- ✚ década de 90: instaladas no Rio Grande do Sul, pela UFRGS, cinco turbinas eólicas, sendo três turbinas da *Riva-Calzoni*, uma de 3,0 kW e duas de 5,2 kW; uma turbina de 3,0 kW fabricada em Lajeado por *Arenhart* e uma turbina *Darrieus* de 3,0 kW desenvolvida pela UFRGS. Nenhuma destas turbinas encontra-se hoje em operação. A turbina *Darrieus* de 3,0 kW, totalmente desenvolvida no Brasil, pela UFRGS, tinha velocidade de partida de 4,5 m/s, velocidade nominal de 10 m/s e velocidade de parada de 15 m/s;
- ✚ agosto de 94: a CEMIG instalou no morro do Camelinho, através de um financiamento parcial do Programa Eldorado do governo alemão, uma usina eólica experimental com quatro aerogeradores *Tacke* de 250 kW. Participaram da engenharia do projeto a CEMIG, a *Tackle* e o Grupo de Energia da UFPE;
- ✚ março de 1996: na UFPE foi inaugurado e começou a operar o Centro de Testes de Turbinas Eólicas em Olinda (PE), com a instalação, feita pela própria universidade, de uma turbina eólica dinamarquesa de 75 kW, com 13 m de diâmetro de rotor e torre de 18 m;
- ✚ fevereiro/2002: a *Wobben Windpower* Indústria e Comércio LTDA., empresa sediada em Sorocaba, SP, inaugura sua filial no estado do Ceará, no Complexo Industrial Portuário de Pecém. A capacidade de produção das unidades de Sorocaba e Pecém estava prevista para atingir 600 MW ano a partir de 2003;
- ✚ 1999-2002: foram realizados, no RS, levantamento do potencial eólico para estudos de implantação de usinas eólicas na região. Atualmente há 27 torres de medições em operação;
- ✚ 2002: foi publicado o atlas eólico do Rio Grande do Sul, pela Secretaria de Energia, Minas e Comunicações do Estado. O trabalho está tecnicamente qualificado e foi baseado em medições de alta qualidade durante um período de um ano.

### 3.3 Biomassa

Todos os recursos renováveis, oriundos de matéria orgânica são utilizados para produção de energia, é uma forma indireta de energia solar, ou seja, energia solar convertida em química, que é a base do processo biológico dos seres vivos, conforme FIG. 3.3. Atualmente é utilizada na geração de energia elétrica, sistema de co-geração e no suprimento de demandas isoladas da rede elétrica.

Existem três tipos de biomassa: a sólida, os biocombustíveis gasosos e os líquidos. A sólida tem como fonte de origem os produtos e os resíduos da agricultura incluindo substâncias vegetais e animais. Os biocombustíveis gasosos são obtidos através da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos, tais como nos efluentes agro-pecuários, na agroindústria e nos urbanos.

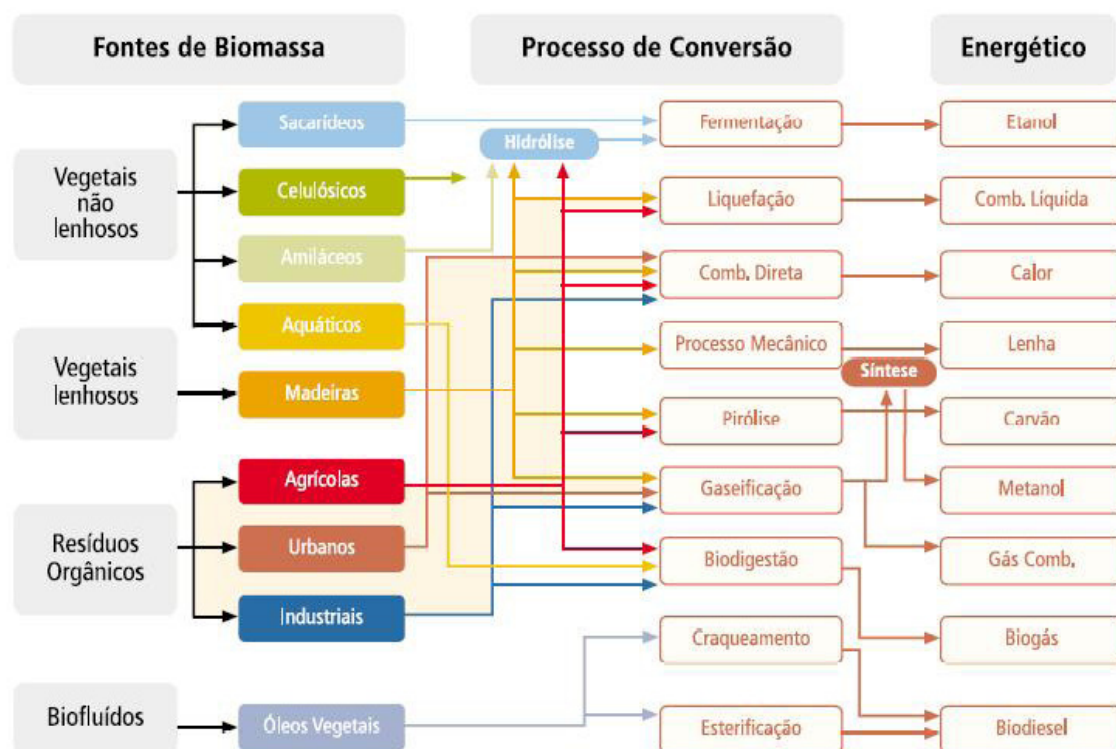
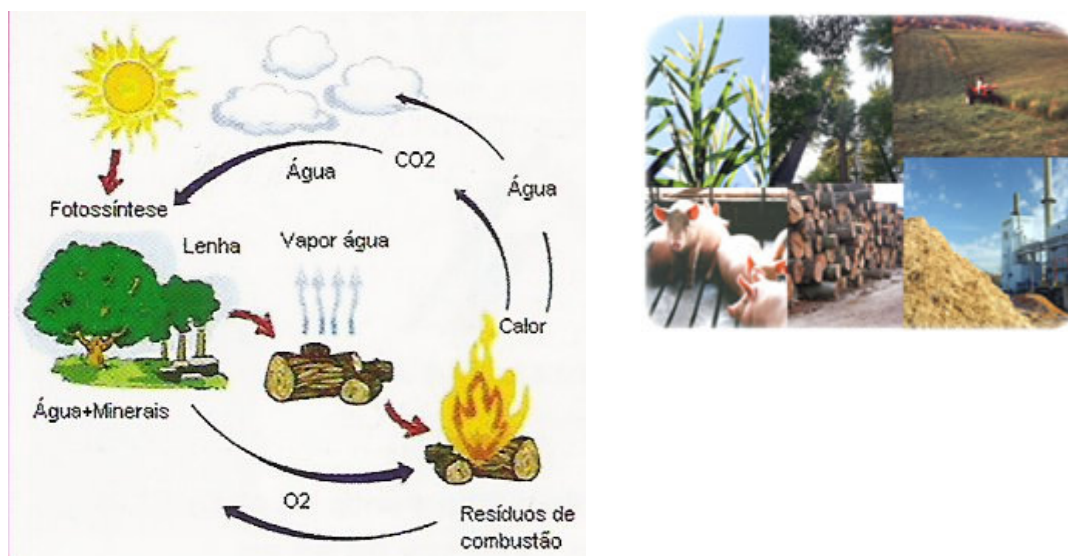
Os biocombustíveis líquidos têm seu potencial de utilização com origem em culturas energéticas, são obtidas através de óleos vegetais, fermentações de hidratos de carbono e óleo *in natura* [25].

Para geração de energia nas comunidades isoladas foram escolhidos os biocombustíveis líquidos, em especial o óleo *in natura*, devido à dificuldade que as populações têm ao acesso, ao conhecimento, aos equipamentos e aos insumos industrializados, como no caso do diesel. Muitas dessas localidades só podem ser acessadas após longos percursos de barco e de acordo com a vazão dos rios, o que encarece o transporte e, muitas vezes, demandam de estocagem de diesel para manter o gerador funcionando. Ao optar pelo óleo *in natura* para substituir o diesel em geradores adaptados, a comunidade pode tornar-se auto-suficiente, pois tem condições de cultivar, extrair e produzir o óleo de que necessita. Em termos de quantidade de matéria prima este sistema necessita de 1,2 a 1,4 kg de biomassa para gerar 1 kWh.

O Brasil dispõe de uma grande diversidade de espécies vegetais oleaginosas das quais se pode extrair óleos para fins energéticos. Algumas destas espécies são de ocorrência nativa (buriti, babaçu, mamona, etc.) outras são de cultivo de ciclo curto (soja, amendoim, etc.) e outras ainda de ciclo longo ou perene (dendê).

Este estudo baseou-se no óleo de dendê, por ser matéria prima de sistemas já instalados com sucesso na região Amazônica Brasileira, especificamente na Comunidade de Vila Boa Esperança, no Pará, onde mais de 100 famílias estão sendo atendidas com a eletricidade gerada a partir do óleo de dendê, produzido na própria comunidade. Já no estado do Maranhão, pode ser utilizado o óleo *in natura* do babaçu, sendo esta nativa da região.

No sistema mais conhecido que usa a biomassa da cana de açúcar e possuem geradores e turbinas a vapor, é preciso uma tonelada de cana de açúcar processada para gerar 14,2 kWh. Em outros casos, que utilizam a biomassa de resíduos de lixo tais como: papéis, plásticos, vidros e metais, são necessários uma tonelada destes resíduos para gerar entre 3,5 a 5,3 MWh. Estes processos não se aplicam às pequenas comunidades [19].



Fonte: (ANEEL 2003)

FIGURA 3.3 - Sistema de biomassa



### 3.3.1 Evolução histórica da biomassa

O Brasil conta com muitas opções de matéria orgânica para a geração de energia, mas a que se destaca pelo seu potencial é o bagaço de cana de açúcar.

Historicamente, desde a sua instalação no Brasil Colônia, o engenho de cana de açúcar vem sofrendo uma gradual evolução até nossos dias, quando passou a se constituir na principal atividade agroindustrial brasileira. A evolução histórica é dada a seguir [22]:

- ✚ 1970: foi início da crise energética, onde o preço cada vez mais alto dos combustíveis fez com que a agroindústria açucareira e alcooleira se interessasse, cada vez mais, pelo uso do bagaço como fonte de combustível para a geração própria de eletricidade, mediante a instalação de turbo geradores;
- ✚ 1971: Velásquez assegurava que o bagaço geralmente sai das moendas com uma umidade de 50% e, nestas condições, é enviado às caldeiras para sua combustão. Se a umidade com que sai o bagaço das moendas baixarem à zero, seu poder calorífico é aumentado em aproximadamente três vezes;
- ✚ 1979: Dantas já afirmava que a maior parte do bagaço era queimada nas caldeiras das usinas de açúcar e destilaria de álcool como fonte de energia térmica e termoelétrica;
- ✚ 1981: Zarpelon afirmou que o consumo de energia elétrica nas usinas de açúcar pode variar de 8 a 18 kWh por tonelada de cana moída, dependendo do grau de sofisticação das mesmas;
- ✚ 1982: Guilhon já afirmava que no campo das biomassas residuais, o bagaço de cana, nas condições que se apresenta, é aquele que reúne os melhores atributos econômicos para ser industrializado e competir industrialmente com o óleo combustível;
- ✚ 1987: Lorenz afirmou que a fabricação de açúcar e álcool requer energia térmica, mecânica e elétrica, que é obtida do bagaço da cana moída. O consumo total de energia é determinado pelo

processo de fabricação, pelas eficiências térmicas dos sistemas de transformação e pelo montante de sacarose extraído da cana;

- ✚ 1992: Guimarães & Carvalho disseram que, além da sobra de bagaço comercializado, muitas usinas passaram a ter outro excedente, a energia elétrica, que a partir de 1987 passou também a ser colocada na rede das distribuidoras;
- ✚ 1996: Zylbersztajn citou que o Proálcool é o único programa comercial, no mundo, de uso de biomassa em larga escala e de indiscutível significado estratégico. Além disso, é uma demonstração de desenvolvimento tecnológico que coloca o Brasil numa posição de vanguarda em termos mundiais. Por esses motivos, é importante não desperdiçarmos esta experiência uma vez que, em breve, a biomassa será um combustível de importância primordial em todo mundo. Na TAB. 3.4 e TAB. 3.5 podemos verificar o cenário da biomassa no mundo e no Brasil, respectivamente, conforme [22].

Deve-se salientar que embora o Brasil tenha uma larga experiência com a biomassa de cana de açúcar, neste trabalho será utilizada a biomassa de óleo *in natura* para os cálculos de viabilidade econômica desta fonte, pelas razões já mencionadas anteriormente.

TABELA 3.4 - Consumo mundial de energia elétrica (MW)

País ou Região	Biomassa (1)	Outras Fontes	Total (2)	% da Biomassa em relação ao total
China	206	649	855	24
Leste Asiático	106	316	422	25
Sul da Ásia	235	188	423	56
América Latina	73	342	415	18
África	205	136	341	60
Países em desenvolvimento	825	1.632	2.457	34
Países da OCDE	81	3.044	3.125	3
<b>TOTAL</b>	<b>1.731</b>	<b>6.307</b>	<b>8.038</b>	<b>18</b>

Fonte: AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA - AIE (1998)

TABELA 3.5 - Potência instalado/geração de excedentes no setor sucroalcooleiro no Brasil (MW)

Unidade da Federação	Potência instalada	Excedente gerado	Potencial de geração
São Paulo	851	110	2.244
Alagoas	173	0	369
Pernambuco	102	0	203
Paraná	95	6	283
Mato Grosso	61	5	125
Goiás	50	5	109
Minas Gerais	50	0	162
Mato Grosso do Sul	37	0	95
Rio de Janeiro	30	0	60
Paraíba	26	0	52
Rio Grande do Norte	16	0	29
Espirito Santo	13	0	39
Bahia	13	0	33
Sergipe	7	0	21
Piauí	6	7	3
Maranhão	5	0	12
Pará	3	0	7
Amazonas	1	0	3
Ceará	1	0	2
<b>TOTAL</b>	<b>1.540</b>	<b>133</b>	<b>3.851</b>

Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO (2005)

A fim de se ter uma comparação inicial entre as fontes alternativas citadas neste trabalho, a TAB. 3.6 apresenta de forma resumida, as características principais de cada uma destas fontes de energia, as suas vantagens, as suas desvantagens e os seus impactos ambientais.

TABELA 3.6 - Resumo das fontes de energias alternativas.

FONTES	GERAÇÃO DE ENERGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS	IMPACTO AMBIENTAL
EÓLICA	Por meio do ventos –utilizando aerogeradores	Não emitem gases que podem intensificar o aquecimento global e instalação em locais isolados	O sistema depende do mínimo de vento para funcionar	Para sistemas de pequeno porte são desprezíveis
SOLAR	Pela Transformação da luz natural em eletricidade através de painéis fotovoltaicos	Recursos naturais disponíveis na Região a maior parte do ano e instalação em locais isolados	Custo elevado para ser utilizado em comunidades isoladas	Fase de produção dos módulos e o descomissionamento dos sistemas
BIOMASSA	Por meio de material de origem vegetal utilizando o óleo “ <i>in natura</i> ” para substituição do diesel como: dendê, mamona, babaçu e outros	Contribui com a diminuição do aquecimento global e recursos naturais disponíveis na Região	A produção desta matéria prima, não é utilizada em sua totalidade para este fim	Ambientalmente favorável

### 3.4 Incentivo a fontes alternativas no Brasil

Para incentivar a utilização de fontes alternativas de energia, foi criado em 26 de abril de 2002, pela lei nº. 10.438 [26], o PROINFA, o qual posteriormente foi revisado pela lei nº. 10.762, de 11 de novembro de 2003 [27] que assegurou a participação de um maior número de estados no programa, garantiu o incentivo a indústria nacional e a exclusão dos consumidores de baixa renda do rateio da compra da nova energia.

O seu objetivo principal é financiar, com suporte do Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES), projetos de geração de energias a partir dos ventos (energia eólica), de pequenas centrais hidrelétricas e de biomassa de bagaço de cana de açúcar. No entanto, a energia solar não está contemplada neste programa porque ela é direcionada a sistemas de pequeno porte para comunidades isoladas e o PROINFA é direcionado a tecnologias mais amadurecidas, com possibilidade de manter unidades de maior porte e que podem ser integradas ao Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). O SIN é considerado o principal sistema de produção e transmissão de energia elétrica do

país, possui capacidade instalada de 84.176 MW, correspondente a cerca de 90% da capacidade instalada total do país, da ordem de 95.913 MW (dados de setembro de 2006). Os 10% restantes se devem a sistemas isolados.

O SIN é subsidiado pelo MME via PROINFA o qual elaborou uma estrutura para projetos com fontes alternativas que, por suas características próprias, apresentam custos de geração de energia mais caros do que os das fontes convencionais (grandes hidrelétricas, termelétricas a carvão e a gás natural). Este financiamento está baseado na estrutura do *Project Finance*, que basicamente tem como lastro o fluxo futuro de recebíveis de um projeto; no caso de uma geradora seria o recurso oriundo da venda da energia produzida. Para viabilizar a contratação deste financiamento para os empreendimentos dentro do PROINFA, o governo teria que estabelecer uma garantia que servisse de lastro para obter os recebíveis do projeto.

Como a energia produzida por fontes de energias alternativas é mais cara do que as tradicionais ela não seria viável para os leilões de energia. Para tal o governo, através da ELETROBRÁS, assegura a compra da energia a ser produzida por ela por um prazo de vinte anos, a partir da data de entrada de operação. Desta forma, as energias de fontes alternativas se tornam economicamente viáveis no Brasil, principalmente aquelas construídas para suprir as necessidades das comunidades isoladas do país.

A TAB. 3.7 mostra o cenário brasileiro em relação ao número de projetos inscritos no PROINFA e o acompanhamento até a operação das instalações. No caso do Nordeste observa-se que o estado do Maranhão não está contemplado por nenhum tipo de projeto para o aumento de energia elétrica na região. Como este trabalho está focado para a região Nordeste do país, no próximo capítulo são apresentadas as justificativas da escolha específica do estado do Maranhão.

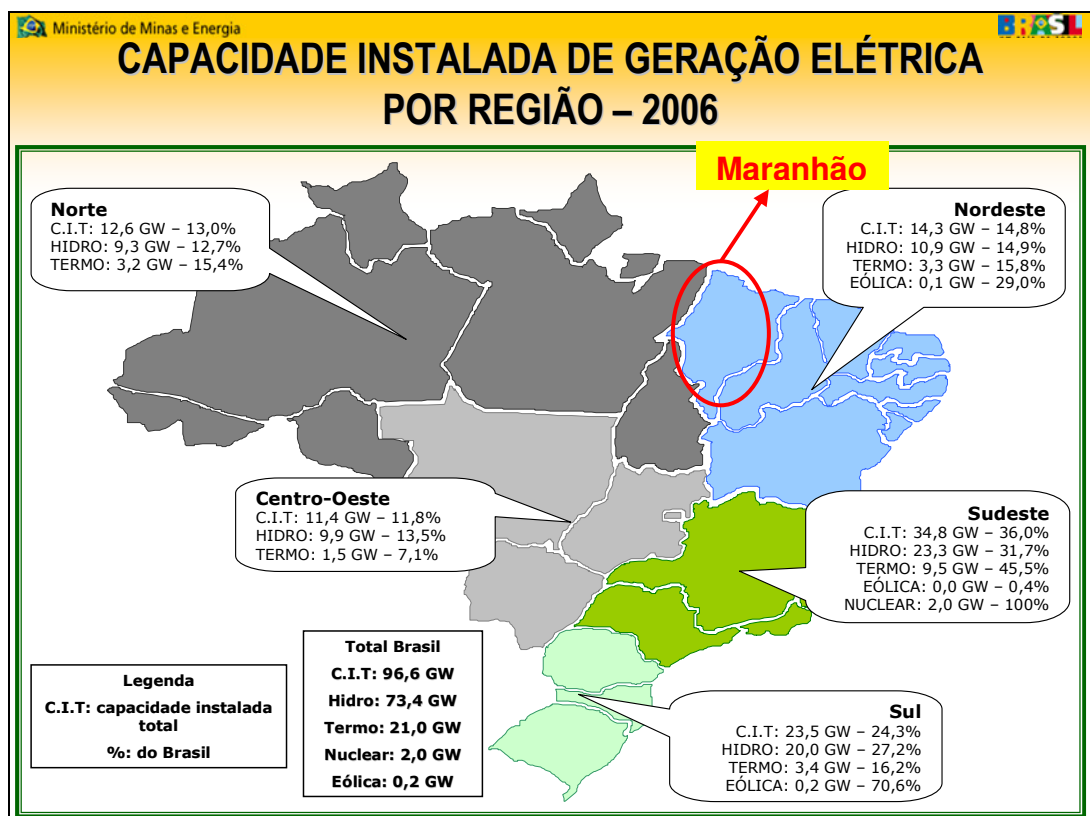
TABELA 3.7 - Resumo dos projetos de fontes de energias alternativas no Brasil

Região	Estados			Projetos Inscritos			Projetos Contratados			Projetos em execução			Empreendimentos em operação			
				Eólica	PCH	Biomassa	Eólica	PCH	Biomassa	Eólica	PCH	Biomassa	Eólica	PCH	Biomassa	
Nordeste	AL	Qde (nº)						2						1		
		Pot (kW)						31.000						16.000		
	BA	Qde (nº)					3			3						
		Pot (kW)						41.800		41.800						
	CE	Qde (nº)					13									
		Pot (kW)					446.108									
	PB	Qde (nº)					13		1					1		
		Pot (kW)					64.850		20.000					20.000		
	PE	Qde (nº)					5		2					1		
		Pot (kW)					21.250		63.200					33.200		
	PI	Qde (nº)					1									
Pot (kW)						17.850										
RN	Qde (nº)					4						2				
	Pot (kW)					229.500						99.300				
SE	Qde (nº)							1			1					
	Pot (kW)							5.000		5.000						
sub total	Qde (nº)					36	3	6	3	1		2	3			
	Pot (kW)					779.558	41.800	119.200	41.800	5.000		99.300	69.200			
Sul	PR	Qde (nº)						5			1			5		
		Pot (kW)							105.100		10.000			126.160		
	SC	Qde (nº)					11	7		5			1			
		Pot (kW)					226.730	106.200		98.500		9.000				
	RS	Qde (nº)					6	8		2		3	3			
		Pot (kW)					248.938	161.700		54.000		100.000	46.200			
sub total	Qde (nº)					17	15	5	7	1	4	3	5			
	Pot (kW)					475.688	267.900	105.100	152.500	10.000	109.000	46.200	126.160			
Sudeste	ES	Qde (nº)						4	1		3					
		Pot (kW)						82.500	30.500	52.500						
	MG	Qde (nº)							6	1			1	1		
		Pot (kW)						96.300	30.000	34.000		22.500	30.000			
	RJ	Qde (nº)					2	3								
		Pot (kW)					163.050	106.400		106.400						
SP	Qde (nº)							9					5			
	Pot (kW)							271.520					124.420			
sub total	Qde (nº)					2	13	11	10		1		6			
	Pot (kW)					163.050	285.200	332.020	192.900		22.500		154.420			
Centro Oeste	GO	Qde (nº)						7	3		5		2	2		
		Pot (kW)						144.500	79.520	96.500		48.000	54.520			
	MS	Qde (nº)							4	5		3		1		
		Pot (kW)						56.200	49.400	52.000		4.200				
	MT	Qde (nº)							16			5		2		
		Pot (kW)						273.480		101.400		33.940				
sub total	Qde (nº)						27	8	13		5		2			
	Pot (kW)						474.180	128.920	249.900		86.140		54.520			
Norte	PA	Qde (nº)						1			2					
		Pot (kW)						18.300		40.000						
	TO	Qde (nº)							6							
		Pot (kW)						102.200		102.210						
sub total	Qde (nº)						7		8							
	Pot (kW)						120.500		142.210							
<b>TOTAL</b>	Qde (nº)					92	104	67	55	65	30	41	2	6	9	16
	Pot (kW)					3.681	1.924	995	1.418.276	1.189.580	685.240	779.310	15.000	208.300	154.840	404.300

#### 4. DESCRIÇÃO DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL

O Nordeste brasileiro tem um potencial de energia elétrica instalada de 14,3 GW, sendo as hidroelétricas a fonte de energia predominante, seguida pelas termoelétricas e com baixa contribuição da energia eólica, que é insignificante diante do cenário atual, como mostra a FIG. 4.1.

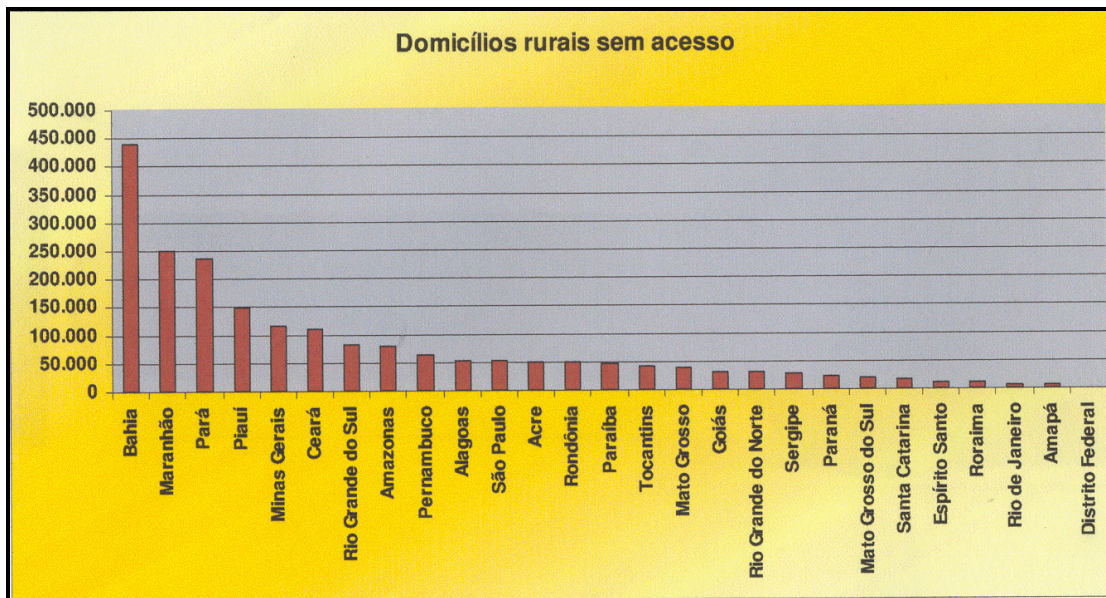
A região Nordeste está classificada em terceiro lugar de capacidade de energia elétrica instalada, ultrapassando as regiões Norte e Centro Oeste e mantendo uma grande distância da região Sul e Sudeste, as quais possuem potenciais bem maiores.



Fonte: MME -2006

FIGURA 4.1 - Capacidade de energia elétrica instalada por região do Brasil (2006)

Dentro deste cenário o Brasil possui aproximadamente 1.400.000 domicílios sem energia elétrica e 60% deles estão na região Nordeste conforme FIG. 4.2, segundo o MME.



Fonte: MME, 2000

FIGURA 4.2 - Números absolutos da exclusão elétrica rural por estado da federação

Ao mesmo tempo esta é a região que, dentro das suas condições naturais, mais propicia a geração de energia elétrica através das fontes alternativas propostas nesta dissertação.

O potencial solar da região Nordeste, conforme mostra o Anexo A.1, é de 20,5%, ocupando o segundo lugar do total do potencial solar do Brasil. O potencial eólico pode ser visto no Anexo A.2 e é de 52% do total do potencial eólico do país. O Anexo A.3 mostra que a velocidade dos ventos na região Nordeste favorece muito a geração da energia eólica no Brasil. Além disso, observa-se, por meio das cartas solares, Anexo A.3.1, e da rosa dos ventos, Anexo A.3.2, (para todas as estações do ano) da região escolhida. Observa-se no Anexo A.3, que durante todo o ano os raios solares e os ventos mantêm os índices mínimos para a geração de energia e contribui com as necessidades das comunidades locais. Observa-se por meio do Anexo A.4 que a estimativa do potencial de biomassa se concentra no setor sucroalcooleiro nos municípios da região Nordeste, produzindo cerca de 30 kWh por tonelada de cana.



Os extremos da região Nordeste mostram de um lado a miséria dos habitantes rurais e das comunidades isoladas e de outro a abundância de sol e vento. Esta foi à razão que motivou a escolha desta região, pois é injusto que parte da população brasileira não tenha as mesmas oportunidades de desenvolvimento como nas regiões Sul e Sudeste, mesmo tendo uma grande variedade quanto aos seus recursos naturais.

A capacidade de geração de energia elétrica na região Nordeste é de 23.679.401 kW, tendo como fonte principal as hidrelétricas como mostra a TAB. 4.1 obtida da ANEEL, sendo que o Nordeste gera 14,8% da energia total produzida no país, conforme FIG. 4.1.

TABELA 4.1 - Potencial de geração de energia elétrica no Nordeste

FONTES	CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA	PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA	USINA HIDRELÉTRICA	USINA TERMELÉTRICA	EÓLICA	TOTAL	
Unidade	Potência (kW)						
ALAGOAS	876	1.250	7.441.601	226.710		7.670.437	32,39%
BAHIA	458	39.419	7.471.508	1.420.411		8.931.796	37,72%
CEARÁ		4.000		709.020	17.400	730.420	3,08%
MARANHÃO			237.300	16.949		254.249	1,07%
PARAÍBA		3.520		47.416	10.200	61.136	0,26%
PERNAMBUCO	2.904	7.168	1.479.600	918.991	450	2.409.113	10,17%
PIAUÍ			237.300	52.710		290.010	1,22%
R.G.NORTE				96.336	51.100	147.436	0,62%
SERGIPE	364		3.162.000	22.440		3.184.804	13,45%
<b>TOTAL</b>	<b>4.602</b>	<b>55.357</b>	<b>20.029.309</b>	<b>3.510.983</b>	<b>79.150</b>	<b>23.679.401</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: ANEEL 2008


As perspectivas de geração de energia elétrica para suprir a demanda existente nesta região não são nada otimistas, como pode ser visto na TAB. 4.2 fornecida pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) [28] do MME. A região Nordeste está em último lugar dentro do planejamento de expansão de oferta de energia e também em termos de fonte de geração.

O Governo Federal poderia investir mais nas fontes alternativas para esta região, principalmente na energia eólica, como ocorre em outros lugares do mundo, conforme demonstrado na TAB. 3.2 que apresenta a utilização internacional da energia eólica.

O desenvolvimento da região Nordeste do Brasil será, sem dúvida, impulsionado pela expansão da oferta de energia elétrica, tendo em vista que esta

expansão proporcionará o crescimento cultural da população, o aumento de oferta de emprego e um melhor atendimento médico.

TABELA 4.2 - Expansão da oferta de energia elétrica



Eletricidade: premissas para expansão da oferta na rede

---

**Alternativas de geração**


(energia em MW)

2015-2030

Fontes	Norte	Nordeste	Sudeste(*)	Sul	TOTAL	%
Hidráulica (**)	44.000	1.100	10.000	6.200	<b>61.300</b>	58,0
PCH	1.000	500	4.000	1.500	<b>7.000</b>	6,6
Gás natural	1.000	6.000	7.000	2.000	<b>16.000</b>	15,2
Carvão nac				4.000	<b>4.000</b>	3,8
Carvão imp		2.000	2.000		<b>4.000</b>	3,8
Nuclear		2.000	2.000		<b>4.000</b>	3,8
Cana		950	3.300	500	<b>4.750</b>	4,5
Renováveis (T)		300	700	300	<b>1.300</b>	1,2
Eólica		2.200		1.100	<b>3.300</b>	3,1
TOTAL	46.000	15.050	29.000	15.600	105.650	100,0

(\*) inclui Centro-Oeste  
 (\*\*) inclui hidrelétricas binacionais

Fonte: EPE



15,4%

Fonte: EPE 2006

A FIG. 4.3 mostra que na região Nordeste o número de pessoas é muito próximo ao da região Sudeste, no entanto, ela perde das outras regiões no número de pessoas alfabetizadas, no valor do PIB e também no fornecimento de energia elétrica para a população. Comparando a quantidade total de instalações que geram energia elétrica no Nordeste, ou seja, as existentes, as planejadas e as em construção, juntas, não acompanham o desenvolvimento em relação às outras regiões do Brasil.

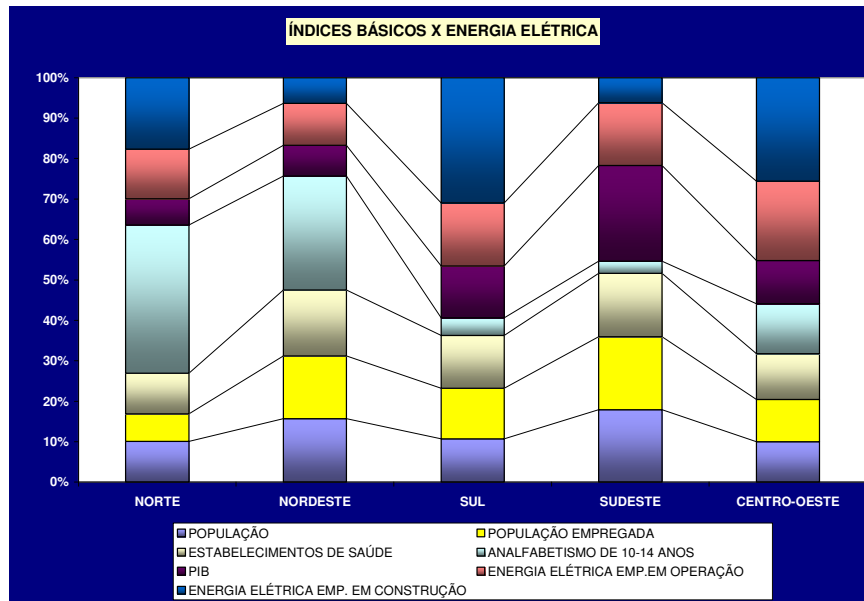


FIGURA 4.3 - Índices básicos

Analisando o IDH da região Nordeste, como mostra a FIG. 4.4, observa-se que nos municípios desta região a variação deste índice está entre 0,4 e 0,7, que é um valor muito baixo quando comparado com o restante do país, principalmente as regiões Sul e Sudeste que tem o IDH entre 0,701 a 0,919.

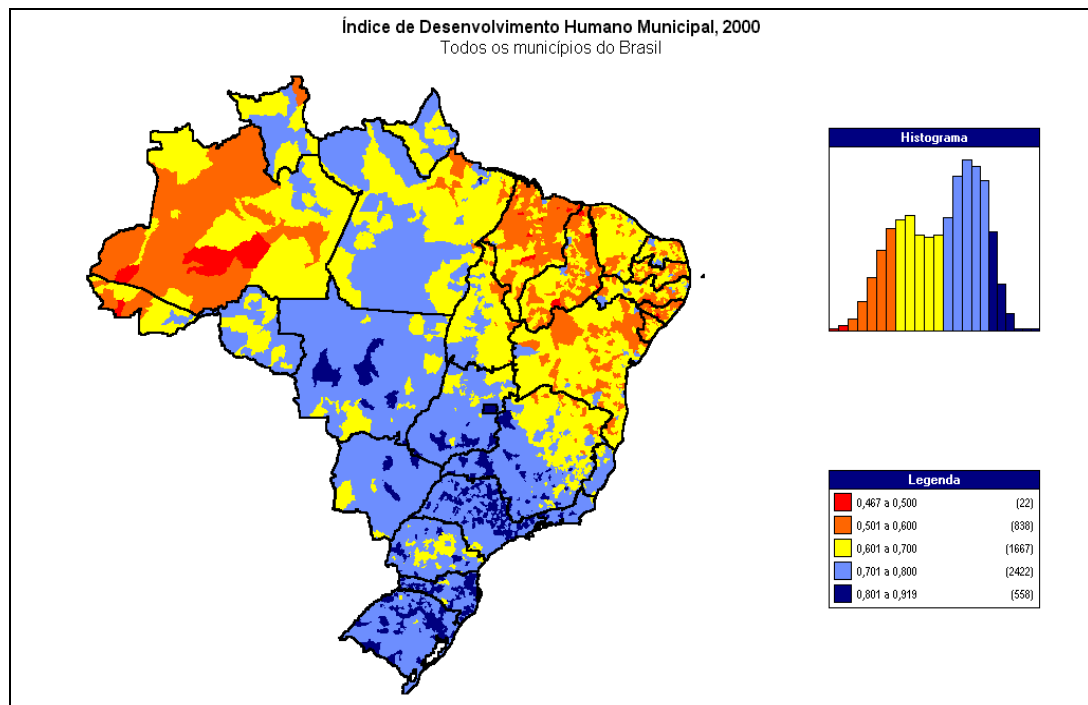


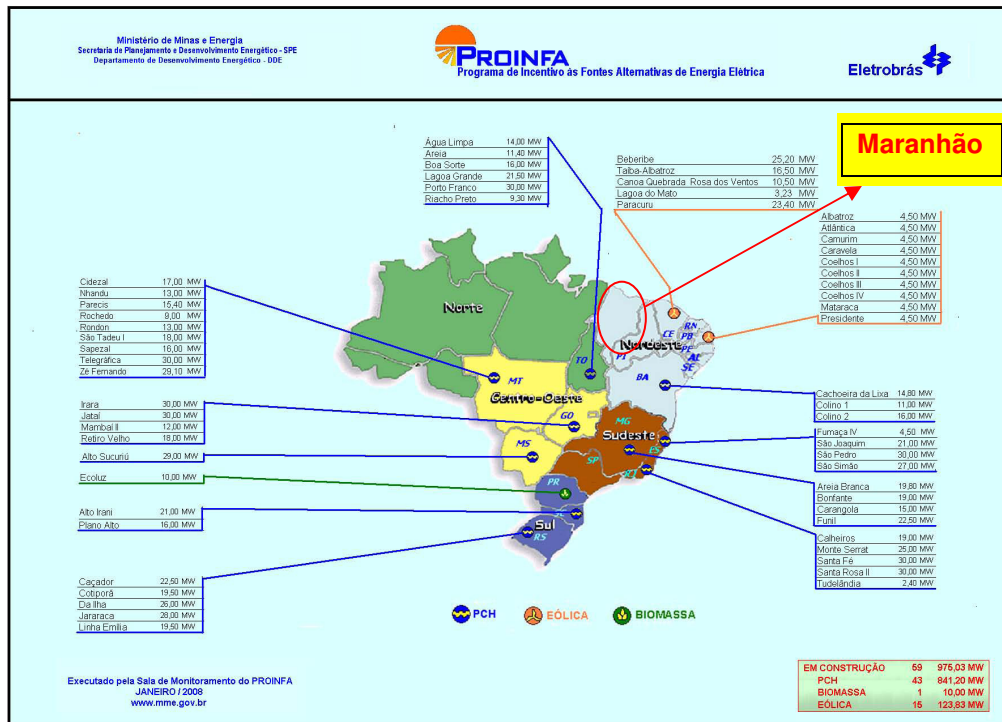
FIGURA 4.4 - Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil por região

Dentro da região Nordeste o estado do Maranhão ocupa o segundo lugar na exclusão elétrica rural do Brasil, conforme TAB. 4.3 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [29] e o mapa do PROINFA [5], FIG. 4.5.

TABELA 4.3 - Domicílios eletrificados e não-eletrificados por estado do Nordeste

Estado	Domicílios Eletrificados (nº)	Domicílios não Eletrificados (nº)	Total de Domicílios (nº)	Percentual não Eletrificado (%)	Percentual Estado/País (%)
Alagoas	575.257	76.362	651.619	11,72%	2,44%
Bahia	2.561.916	604.844	3.166.760	19,10%	19,36%
Ceará	1.552.749	200.758	1.753.507	11,45%	6,43%
Maranhão	964.777	274.648	1.239.425	22,16%	8,79%
Paraíba	801.723	51.994	853.717	6,09%	1,66%
Pernambuco	1.883.415	89.893	1.973.308	4,56%	2,88%
Piauí	486.067	175.998	662.065	26,58%	5,63%
Rio G Norte	616.633	56.712	673.345	8,42%	1,82%
Sergipe	400.580	39.241	439.821	8,92%	1,26%
<b>Total</b>	<b>9.843.117</b>	<b>1.570.450</b>	<b>11.413.567</b>		

Fonte: IBGE 2000



Fonte: PROINFA

FIGURA 4.5 - Mapa de construção de geração de energia

O estado do Maranhão foi escolhido como objeto deste estudo por dois motivos. O primeiro pelo acesso ao Banco de Dados do Programa “Luz para Todos” [4] que disponibiliza algumas informações somente dos municípios maranhenses, fato este que facilitou o início da pesquisa. O segundo motivo foi que, em 2004, este estado tinha a segunda menor proporção de domicílios com iluminação elétrica no Brasil, foi o estado com o pior desempenho no setor elétrico em 2005 e encerrou o ano com a menor taxa de atendimento do país, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD 2005) [30], do IBGE.

A cobertura do serviço teve um recuo de 1,4% no período, o que indica que a ampliação da rede de energia não foi o suficiente sequer para suprir o crescimento vegetativo da população. Enquanto que o número de lares maranhenses aumentou 1,91%, o total de residências atendidas avançou apenas 0,44%, segundo PNAD 2005.

Os dados mostram que a proporção de domicílios com iluminação elétrica subiu 0,4% no Brasil entre 2004 e 2005, ou seja, de 96,8% para 97,2%, respectivamente. Os dados estaduais apontam que a taxa de atendimento regrediu apenas no Maranhão, em outros 12 estados a cobertura permaneceu praticamente a mesma (oscilou até 0,5%) e nos outros 14 estados a rede de energia expandiu, segundo PNAD-2005.

O estado do Maranhão possui no total cinco empreendimentos em operação, quatro são usinas termelétricas com capacidade de geração de 16.949 kW e uma usina hidrelétrica com capacidade de geração de 237.300 kW, totalizando 254.249 kW de potência como apresentado na TAB. 4.1. Em relação à região Nordeste, o estado do Maranhão conta com 1,07% de geração de energia, ficando entre os estados com a maior demanda a ser suprida, principalmente entre as comunidades rurais e isoladas como demonstrado na FIG. 4.2, onde ocupa o segundo lugar de residências sem eletrificação elétrica na região Nordeste.

No APÊNDICE A pode ser visto o perfil deste estado e seus respectivos municípios de forma detalhada onde se percebe que a necessidade de energia elétrica é emergencial, e que a população carente não tem nenhuma perspectiva de melhora.

#### 4.1 Características gerais do estado do Maranhão

Na primeira etapa foi feito um estudo do país como um todo e foi escolhido o estado do Maranhão pelas razões já mencionadas

Para fazer um levantamento efetivo deste estado foi elaborado um Banco de Dados com informações das seguintes fontes: IBGE [29], Eletronorte [31], Companhia Energética do Maranhão (Cemar) [32], “Projeto Luz para Todos” [4], Atlas do Desenvolvimento Humano [33], Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento da Energia Elétrica (PNUD) [34], Atlas de Energia Elétrica [35] e Cidade do Maranhão e municípios [36], onde estão focados os seguintes itens:

- ✚ levantamento dos municípios que não têm energia elétrica;
- ✚ descrição da localidade: refere-se a um submunicípio;
- ✚ situação social da localidade: refere-se ao enquadramento da localidade, por exemplo: Povoado, Quilombola (comunidade típica de descendentes de escravos), etc.;
- ✚ levantamento do número de domicílios na região rural: somatório dos domicílios por localidade que não possuem energia elétrica;
- ✚ população total da localidade atendida: somatório da população por localidade que não tem energia elétrica;
- ✚ população do município: população total do município;
- ✚ área da unidade territorial em km<sup>2</sup>: área de cada município;
- ✚ distância à capital em km: distância total do município até a capital;
- ✚ PIB: Produto Interno Bruto de cada município;
- ✚ IDH 1991: Índice de desenvolvimento humano em 1991 dos municípios;
- ✚ IDH 2000: Índice de desenvolvimento humano em 2000 dos municípios;
- ✚ custos das fontes solar, eólica e biomassa para cada município.

## 4.2 Elaboração do Banco de Dados

O estado do Maranhão ocupa uma área de 331.983 km<sup>2</sup>, sua população total é de 6.103.327 habitantes e o estado está dividido em 217 municípios e estes municípios têm no seu total 1.140 submunicípios. Seus principais rios são Tocantins, Gurupi, Pindaré, Mearim e Parnaíba. A economia do estado baseia-se na indústria, especialmente a de transformação de alumínio e no extrativismo vegetal. Fica neste estado a base de lançamentos de foguetes de Alcântara, a única do Brasil. O estado possui 104 municípios sem fornecimento de energia elétrica, cuja situação social destes municípios são: 4 gambiarras (energia utilizada ilegalmente), 2 assentamentos (grupo pequeno de pessoas que ocupam uma área sem infra-estrutura), 1 quilombola e 372 povoados, totalizando uma população de 590.175 habitantes.

As características deste grupo de municípios são as seguintes:

- ✚ a área territorial destes municípios perfaz um total de 103.637 km<sup>2</sup>;
- ✚ a distância dos municípios à capital varia de 25 a 753 km, sendo que 50% ficam a mais de 200 km de distância, com 176 povoados e 293.722 habitantes;
- ✚ o PIB (preço corrente em reais) varia entre 177 a 679;
- ✚ o IDH em 1991 variou entre 0,366% a 0,597%, e em 2000 entre 0,492% a 0,681%, sendo que a porcentagem mais alta é dada pelos municípios mais próximos da capital. Verifica-se também que mesmo sem energia elétrica o IDH teve um aumento significativo dentro do período mencionado para esta região.

A vegetação do Maranhão é constituída de:

- ✚ cocais: mata característica do Maranhão onde predomina o babaçu e carnaúba; cobre a parte central do Estado;
- ✚ campos: próximo ao Golfão Maranhense tem como característica a vegetação herbácea alagável pelos rios e lagos da Baixada Maranhense;

- ✚ mangues: predominam no litoral maranhense desde a foz do Rio Gurupi até a foz do Rio Periaá;
- ✚ cerrado: vegetação predominante no Maranhão que é formada por árvores de porte médio e vegetação rasteira.

O relevo do Maranhão possui altitudes reduzidas e topografia regular, apresenta um relevo modesto, com cerca de 90% da superfície abaixo dos 300 m. No centro-sul do estado predomina o relevo de planaltos e chapadas como uma porção do Planalto Central brasileiro. Entretanto, o Norte e o litoral maranhenses se encontram em área de planície de baixas altitudes.

O clima do oeste maranhense está dentro da área de atuação do clima equatorial com médias pluviométricas e térmicas altas. Já na maior parte do estado se manifesta o clima tropical, com chuvas distribuídas nos primeiros meses do ano.

A Tabela 4.4 apresenta parte do Banco de Dados construído para o estado do Maranhão, onde se podem ver cada uma das características mencionadas para os municípios e os submunicípios entre 1.000 e 10.000 habitantes. O Banco de Dados completo encontra-se no APÊNDICE A.

Embora haja uma pressão política e publicitária do governo maranhense na tentativa de mostrar que existem avanços na área energética para os municípios mais carentes, a realidade é bem diferente e não se pode ignorar a miséria existente na região e a exclusão social em que estas comunidades menos favorecidas vivem.

Uma amostra de que o estado do Maranhão ainda está desprovido de fornecimento de energia elétrica básica para população, que vive nas regiões próximas como afastadas da capital, pode ser vista por meio de fotos feitas por satélites segundo a referência [30] que se encontram no ANEXO C.





## **5. METODOLOGIA UTILIZADA**

A metodologia empregada neste trabalho foi dividida em três fases. A primeira é a construção de um banco de dados, onde estão contidas as informações quantitativas e qualitativas dos municípios do Maranhão com população entre 1.000 e 10.000 habitantes e que não possuem energia elétrica. Na segunda fase é realizado o levantamento dos critérios econômico-financeiros que possibilitam a análise de viabilidade econômica das fontes alternativas de energia que constam neste estudo. Finalmente, a terceira fase é a aplicação do programa de cálculo, elaborado especificamente nesta dissertação, para a avaliação da viabilidade econômica das fontes alternativas de energia propostas neste trabalho.

### **5.1 Construção do Banco de Dados para o Maranhão**

Após estudo preliminar feito para a escolha da região e estado, conforme capítulo três, o qual teve o estado do Maranhão como resultado, verificou-se que havia a necessidade de uma quantidade maior de informações sobre esta região, para se ter um perfil completo do estudo econômico deste estado. A construção deste banco de dados está descrito com detalhes no item 4.2 deste trabalho.

### **5.2 Critérios econômicos e financeiros**

Conforme Ribeiro [37] entende-se como análise de viabilidade os estudos iniciais e análises preliminares para um determinado investimento. Nesta etapa são realizados a coleta de dados e o processamento das informações envolvidas com a viabilidade do empreendimento em questão.

Após a análise feita é elaborado o projeto de viabilidade técnico-econômico, que compreende todas as etapas inerentes do empreendimento, tais como: a engenharia, a localização, etc. Nesta fase ficam claramente identificados, os recursos necessários para a implantação do projeto, bem como as informações relativas à rentabilidade do negócio.

Neste estudo preliminar assumiu-se que os recursos públicos serão utilizados para a realização do empreendimento, pois, conforme o Manual de Procedimentos das Receitas Públicas [38], o objeto deste trabalho se enquadra no Programa de Geração de Energia Elétrica dentro do setor de Infra-Estrutura dos estados e municípios, no qual não se visam lucros para o empreendimento.

Dentro deste cenário é importante definir conforme Lyn et al. [39], que o problema econômico básico com que defrontam todos os países é o de alocar recursos extremamente limitados, pois são vários os tipos de necessidades que existem no país e em suas diversas áreas. A necessidade que deve ser atendida em um determinado país é o bem estar da sociedade, ou seja, a população deve ser a mais favorecida em qualquer tipo de aplicação. Para isso é necessário um estudo criterioso de requisitos econômicos e financeiros, a fim de atingir os objetivos propostos. São escolhidos critérios dentro da literatura econômica que possibilitam ter um conjunto de dados e informações para uma análise global do investimento, os quais são: a análise de custos e benefícios, custos de capital, de investimento, financeiros, sócio-ambientais e decisões políticas. Todas estas análises estão descritas em detalhes a seguir.

### **5.2.1 Análise de custos e benefícios de um projeto**

No Brasil o governo federal tem a aplicação do seu orçamento delineado e pré-definido dentro de um período de quatro anos, conforme Plano Plurianual do Orçamento (PPA) [38], isto é, tem a obrigatoriedade de cumprir os compromissos assumidos durante este período e utilizar parte deste orçamento para novos investimentos, seguindo a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) [38].

São vários os setores com necessidades urgentes e sem o funcionamento mínimo que compromete o andamento básico do país e o que é pior, sem que haja perspectivas de desenvolvimento.

Dentro deste cenário há dificuldades na escolha de prioridades para a utilização dos recursos orçamentários, pois esta escolha se baseia na classificação de importância de cada setor visando atingir os objetivos fundamentais pré-definidos pelo país.

De acordo com Lyn et al. a análise dos projetos é um dos métodos de se fazer esta escolha, ou seja, se avalia os custos e os benefícios de um projeto,

e, se os benefícios forem superiores aos custos, o projeto será aceito, caso contrário o projeto deve ser rejeitado.

Os benefícios são definidos com a finalidade de atingir os objetivos fundamentais propostos, os custos são definidos em relação aos seus custos de oportunidades, ou seja, devem ser comparados com os outros projetos com a mesma importância, mas que no momento não são aceitos devido os fatores financeiros.

Uma vez realizada a avaliação dos custos e benefícios procura-se assegurar que a aceitação do projeto tenha garantias que nenhum uso alternativo dos recursos despendidos pelo governo resulte em melhores resultados do que os propostos, segundo as metas estabelecidas para o país.

A análise econômica de projetos é de certa forma semelhante à análise financeira, pelo fato de ambas avaliarem o lucro de um investimento. Entretanto, o conceito de lucro financeiro não é o mesmo que o lucro social na análise econômica. A análise financeira de um projeto identifica o lucro monetário auferido pela entidade que irá implantar o projeto, ao passo que o lucro social mede o efeito do projeto nos objetivos fundamentais de toda a economia. Os dois tipos de custos não precisam coincidir, os custos econômicos podem ser maiores ou menores que os custos financeiros.

### **5.2.2 Análise de custos de capital**

Dentro de um planejamento de sistemas energéticos a etapa mais importante é a estimativa de custos de investimento da geração das diversas fontes alternativas de energia.

A utilização apenas do parâmetro “custo de capital” para fins de comparação pode levar a erros de análise, porque o custo de combustível difere muito de fonte para fonte, alterando sensivelmente as vantagens apresentadas para cada uma delas.

Para fazer esta comparação de uma forma simples a ELETROBRÁS recomenda a utilização do índice custo/benefício da instalação, dado em unidades monetárias por unidade de energia produzida (\$/MWh), onde considera, além do custo, o desempenho da usina. O numerador desta relação engloba os custos associados à geração de energia para cada tipo de fonte, enquanto o denominador representa a energia produzida pela instalação, ou seja, o seu

benefício para o sistema elétrico. Como cada tipo de instalação tem uma vida útil econômica diferente, a relação custo/benefício é expressa em custo anual (\$/ano) por energia anual produzida (MWh em um ano). Deve ser ressaltado que, tratando-se de uma análise econômica, os gastos nas construções das instalações são corrigidos pela taxa de juros de mercado.

### **5.2.3 Custo de investimento**

Os investimentos de um projeto de geração de energia elétrica caracterizam o montante de recursos a serem alocados na sua implantação, incluindo a compra de terreno e de equipamentos, os custos das obras civis para a sua construção e das infra-estruturas necessárias para a execução da mesma.

### **5.2.4 Custos financeiros**

Vários parâmetros financeiros incidem sobre o investimento, destacam-se os seguintes: taxa de câmbio, taxa de juros, taxa de atualização, taxa de retorno, impostos e seguros, fluxo de caixa, etc.

Além destes parâmetros, deve ser levado em consideração o tempo de construção de uma instalação, que deve ser o mais curto possível para não aumentar o custo de geração em função da incidência de juros durante a construção.

No entanto, nesta análise de viabilidade econômica não se aplicam esses parâmetros financeiros, pois este projeto é classificado como investimento do governo federal o qual não visa retorno financeiro e sim apenas o retorno social.

### **5.2.5 Custos sócio-ambientais**

É muito importante na definição de viabilidade econômica de um empreendimento de geração de energia elétrica, analisar os custos referentes aos impactos sócio-ambientais causados à população que vive nas proximidades da obra, devido à desocupação do terreno como também dos custos de proteção ao meio ambiente.

Com o advento das Leis nº 6938 em 31/08/81[40] e a Lei nº 7804, de 18/07/89 [41], o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) [42] foi designado como o órgão responsável pelo Licenciamento Ambiental de empreendimentos

com significativo impacto ambiental, de âmbito nacional ou regional. Portanto, nenhuma obra do setor elétrico brasileiro pode ser realizada se não forem satisfeitos os requisitos que garantam uma solução adequada para cada um dos possíveis impactos que o empreendimento possa causar sobre a sociedade e sobre a natureza. Esta aprovação prevê a realização de audiência pública, na qual a empresa apresenta, em conjunto com uma empresa de consultoria independente, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e, a obtenção da aprovação técnica do empreendimento pelos órgãos competentes ligados às secretarias de meio ambiente dos estados.

Devido ao rápido crescimento econômico que tem sido verificado no Brasil e em outros países levantam-se muitas questões a respeito de qual fonte alternativa de energia é mais apropriada, sustentável, competitiva e benéfica em longo prazo, bem como qual seria a melhor maneira de utilizar os recursos do meio ambiente.

Ortega em seu livro [43] faz análises de sistemas agrícolas e agroindustriais, tanto para sistemas convencionais quanto para alternativos. Em seu trabalho foram realizadas as avaliações de custos ambientais a partir de dados ambientais, econômicos e sociais, com base em um banco de dados já construído ao longo do tempo. Nos cálculos dos custos ambientais (Emergéticos), são levados em consideração os custos desde o desmatamento da região onde a fonte de energia será instalada, até o seu projeto e instalação. Define-se "Emergia", escrita com "m", como toda a energia incorporada na formação dos recursos empregados. O produto do ecossistema agrega todas as emergias usadas. Por exemplo, um projeto com baixo valor de razão de investimento Emergético indica que este apresenta uso reduzido de insumos econômicos em relação às contribuições que recebe do meio ambiente de forma gratuita. Portanto, o projeto estará em condições de competir (se os mercados forem realmente abertos).

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho observou-se que os cálculos dos custos ambientais, utilizando a metodologia de Ortega (cálculo Emergético) [43], são muito detalhados, o que seria assunto de um novo trabalho. Por este motivo são adotados neste trabalho valores conservativos de custos ambientais obtidos da literatura, para cada uma das instalações de fontes alternativas de energia consideradas neste estudo.

Segundo Moura [44] os custos ambientais definidos para uma instalação ou uma empresa depende de um diagnóstico ambiental, significa conhecer a situação atual do local onde será construída a instalação e identificar os aspectos e possíveis impactos ambientais que a instalação em questão poderá produzir.

A este diagnóstico associa-se uma determinada percentagem que será aplicada como custos de prevenção e de avaliação. Moura em seus estudos propôs que se aplicasse de 5 a 10% para prevenção e de 20 a 25% de avaliação, em cima do custo total.

As fontes alternativas por si só não contribuem com o impacto ambiental, pelo contrário são alternativas para diminuir o seu efeito.

Neste trabalho adotou-se apenas o critério de custos de prevenção no valor de 10% sobre o custo total de cada instalação.

### **5.2.6 Decisões políticas**

Os parâmetros que dependem das decisões políticas e de outras decisões tomadas antes do início da construção do empreendimento são as seguintes: capacidade da unidade, projeto da usina, número de unidades, tipo de contrato, participação nacional, localização da unidade e custo/benefício para a sociedade.

## **5.3 Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas (PEASEB)**

Para a realização dos cálculos dos custos das fontes de energia consideradas neste estudo foi elaborado um programa em VBA (*Visual Basic for Application*) combinado com o *Microsoft Excel* [45] denominado de Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas, Solar, Eólica e Biomassa (PEASEB).

Este programa calcula os custos e a produção de um sistema de energia elétrica para as condições sugeridas pelo usuário, pois os valores iniciais são fornecidos como dados de entrada.

O programa foi desenvolvido para ser o mais amigável possível com o usuário, sendo que a descrição detalhada de seu conteúdo encontra-se no capítulo 6 desta dissertação. No APÊNDICE B encontra-se parte do programa PEASEB desenvolvido neste trabalho.

## **6. DENSENVOLVIMENTO DO TRABALHO**

A partir do banco de dados elaborado para o estado do Maranhão, para os municípios com população entre 1.000 e 10.000 habitantes que não têm energia elétrica em suas residências, obteve-se um total de 104 municípios e 1.140 submunicípios, e 590.000 habitantes. Para o cálculo da estimativa do custo da energia proveniente das fontes alternativas sugeridas neste trabalho, foi desenvolvido o PEASEB com o propósito de facilitar o estudo de viabilidade econômica das mesmas.

### **6.1 Análise de viabilidade econômica das fontes de energia solar, eólica e biomassa**

Com base nos dados do G8 de 2001 [46], pode-se, então, estimar que uma família de cinco pessoas necessite de 50 kWh em um mês para o seu consumo básico. No entanto, a este valor foi acrescida uma margem de 100% de necessidade de energia para esta mesma família, ou seja, 100 kWh em um mês, considerando uma projeção de crescimento econômico para esta região do país.

Portanto, para os municípios entre 1.000 e 10.000 habitantes, com a média de 200 a 2.000 famílias de cinco pessoas cada, são necessários entre 20 MWh e 200 MWh por mês, respectivamente, para atender a estas famílias. Para um período de 1 ano a necessidade é de 240 MWh/ano e 2.400 MWh/ano, respectivamente.

### **6.2 Análise de custo de capital**

A seguir estão descritos os cálculos dos custos capitais utilizados para avaliar a viabilidade econômica de cada uma das fontes alternativas selecionadas neste trabalho.



### 6.2.1 Custo da energia solar fotovoltaica em 30 anos

O custo da energia solar fotovoltaica calculado neste trabalho foi estimado para um período de vida útil de 30 anos, pois é a expectativa de utilização dos painéis fotovoltaicos e dos demais equipamentos de um sistema isolado que tem as seguintes especificações dadas pelos fabricantes: cinco anos para banco de baterias e dez anos para controladores de carregamento e inversores de frequência [14].

A configuração selecionada neste trabalho do sistema fotovoltaico é a mais utilizada, que apresenta o melhor custo-benefício, pois a quantidade de painéis é dimensionada para aproveitar ao máximo a capacidade do controlador de carga, reduzindo assim os gastos por superdimensionamento. Portanto, o custo estimado deste sistema é calculado para gerar energia elétrica num período 30 anos, sendo conhecidos os custos unitários de cada um dos componentes e o número de cada um deles.

De posse do valor a ser pago durante a vida útil de um sistema, basta saber a quantidade de energia produzida por ele durante este período para que a comparação possa ser feita em relação às outras fontes alternativas. Estudos realizados pelo Laboratório de Fontes Alternativas do ENE/UnB [47] indicam que o sistema fotovoltaico isolado tem uma perda de energia gerada pelo painel, devido às perdas no banco de baterias, no inversor e, principalmente, pela dificuldade de aproveitar toda a insolação disponível durante o período de recarga final das baterias do tipo chumbo-ácido. A incidência solar nesta região é alta o ano todo, como pode ser visto no ANEXO A.3, o que excede as 4,4 h/m<sup>2</sup> que é a média anual necessária para o funcionamento do sistema fotovoltaico analisado.

Considera-se que a geração de energia de um sistema fotovoltaico é expressa pela equação (6.1) [19].

$$E_{FV1dia} = P_{FV} \times C_{FV} \times A_{placas} \quad (6.1)$$

onde:  $E_{FV1dia}$  = energia do sistema solar fotovoltaico em 1 dia (kWh);

$P_{FV}$  = potência de pico da instalação solar fotovoltaico (kW);

$C_{FV}$  = fator de capacidade do sistema em 1 dia (h/m<sup>2</sup>);

$A_{placas}$  = área das placas (m<sup>2</sup>).

O fator de capacidade do sistema fotovoltaico é dado pela equação (6.2), que é definido em função da intensidade de sol em horas por unidade de área ( $I_{solar}$ ) e o fator de correção fotovoltaica ( $k_{FV}$ ) que considera a dispersão nas características nominais dos módulos, o efeito da temperatura e as perdas nos condutores, acessórios e demais componentes do sistema, como inversores e controladores de carga:

$$C_{FV} = k_{FV} \times I_{solar} \quad (6.2)$$

Em 30 anos a energia de um sistema é calculada segundo a equação (6.3):

$$E_{FV30anos} = E_{FV1dia} \times n_d \times n_a \quad (6.3)$$

onde:  $E_{FV30anos}$  = energia fotovoltaica em 30 anos (kWh)

$n_d$  = número de dias em um ano;

$n_a$  = número de anos.

O custo de um sistema fotovoltaico em funcionamento por 30 anos leva em consideração, o valor inicial dos equipamentos e suas substituições até o final da vida útil. O valor final do empreendimento conta com: uma vez o custo do painel solar, seis vezes o custo do banco de baterias, três vezes o custo do controlador de carga e três vezes o custo do inversor de frequência [24]. A equação (6.4) fornece o valor final de 1 sistema para instalação de energia solar fotovoltaica ao longo de sua vida útil, na moeda desejada:

$$V_{Tosolar1sistema} = 1 \times V_{painéis} + 6 \times V_{baterias} + 3 \times V_{controladores} + 3 \times V_{inversores} \quad (6.4)$$

onde:  $V_{Tosolar1sistema}$  = valor total dos componentes do sistema solar em 30 anos (moeda);

$V_{painéis}$  = valor dos painéis fotovoltaicos (moeda);

$V_{baterias}$  = valor das baterias (moeda);

$V_{controladores}$  = valor dos controladores de cargas (moeda);

$V_{inversores}$  = valor dos inversores de potência (moeda).

Para se saber o número de sistemas necessários para atender a população em 30 anos utiliza-se a equação (6.5):

$$n_{sistemasolar} = \frac{E_{população\ 30anos}}{E_{FV\ 30anos}} \quad (6.5)$$

onde:  $n_{sistemasolar}$  = número de sistemas necessários para atender a população;

$E_{população\ 30anos}$  = energia necessária para a população em 30 anos (kWh).

Assim, o custo total do empreendimento de energia solar fotovoltaica para as famílias, em 30 anos, é dado pela equação (6.6):

$$C_{Tempsolar} = n_{sistemassolar} \times V_{Tsolar1sistema} \times C_{f\ ambiental} \quad (6.6)$$

onde:  $C_{Tempsolar}$  = custo total do empreendimento da energia solar fotovoltaico (moeda);

$C_{f\ ambiental}$  = custos ambientais da instalação fotovoltaica (%).

Assim, o índice custo/benefício da energia solar fotovoltaica é dado pela equação (6.7):

$$C_{T\ solar} = \frac{C_{Tempsolar}}{E_{30anos}} \times C_{FV\ ambiental} \quad (6.7)$$

onde:  $C_{T\ solar}$  = custo da energia por kWh (moeda /kWh).

O modelo adotado neste trabalho está baseado nos preços fornecidos pela Kyocera Solar cotado em março de 2006 [48], em dólares americanos (US\$), para um sistema fotovoltaico de 1,98 kWp de potência de pico, com os valores

para cada um dos componentes descritos na TAB. 6.1. Neste caso estão embutidos os custos de instalação.

O sistema solar fotovoltaico, segundo TAB.6.1, considera um tempo de insolação média anual de 4,4 h/m<sup>2</sup> [26], um fator de perda (kp) de 0,8 e placas com área de 1 m<sup>2</sup>.

TABELA 6.1 - Valores dos componentes de um sistema fotovoltaico em 30 anos

DESCRIÇÃO	QUANTIDADES	PREÇO UNITÁRIO (US\$)	PREÇO TOTAL (US\$)
Painéis Fotovoltaicos 15V 3A 45Wpico	44	325,00	14.300,00
Controladores de Carregamento 48V cc 40A	3	312,50	937,50
Inversor 48V cc 4000W	3	7.187,50	21.562,50
Baterias 105Ah	144	218,75	31.500,00
<b>TOTAL</b>		<b>8.043,75</b>	<b>68.300,00</b>

Utilizando as equações (6.1), (6.2), (6.3), (6.4), (6.5), (6.6) e (6.7), e os dados da TAB. 6.1, foi elaborado o programa PEASEB em VBA para ser utilizado de forma amigável com o usuário. No entanto, quem for utilizar este programa deverá ter um conhecimento prévio das informações da instalação que deseja para poder fornecer de forma correta os dados de entrada para o programa. O trabalho foi desenvolvido segundo uma planilha eletrônica programado em VBA.

A linguagem VBA transfere para as planilhas do EXCEL os dados de entrada e os resultados obtidos por meio dos cálculos.

Os seguintes passos deverão ser seguidos pelo usuário:

- ✚ clicar na planilha “Abertura” do programa PEASEB;
- ✚ clicar no índice, que é composto por quatro botões: “ENERGIA SOLAR”, “ENERGIA EÓLICA”, “BIOMASSA” e “Sobre o PEASEB”, neste caso no botão “ENERGIA SOLAR”;
- ✚ os cálculos dos custos da energia solar, utilizando o botão de “ENERGIA SOLAR” contém um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar” onde são inseridos os dados de entrada;

- ✚ a planilha “tabela” contém o resumo dos custos da energia elétrica originária do sistema fotovoltaico que é gerado pelo programa;
- ✚ a planilha “grafsolar” contém os gráficos dos custos da energia solar fotovoltaica que também é resultado do programa.

A seguir é apresentada a seqüência das telas do programa PEASEB, relativo aos passos descritos anteriormente, para o modelo proposto.

A primeira tela “ABERTURA” é mostrada na FIG. 6.1, onde também está indicada por uma flecha a opção da “ENERGIA SOLAR”, relativo ao cálculo da viabilidade econômica desta fonte alternativa.



FIGURA 6.1 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “ENERGIA SOLAR”

O botão “ENERGIA SOLAR” contém um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Solar”, apresentada na FIG.6.2.

A tela apresentada na FIG. 6.2 pede que o usuário forneça alguns dados, como: a energia mensal necessária para uma família de cinco pessoas, o número de habitantes da comunidade em estudo, a potência da instalação, a insolação média anual, o fator de capacidade solar e a área da placa. Caso o usuário já tenha a energia gerada pelo sistema dada pelo fabricante, o programa foi adaptado para isto, ou seja, os valores de entrada necessários para resolver a equação (6.1) são inseridos com os valores *default* iguais a 1,0 e então é dado o valor da energia, como pode ser visto na FIG.6.2. Caso contrário é inserido o valor *default* igual a 1,0 para energia.

Além dos dados operacionais da instalação também são fornecidos pelo usuário os valores unitários na moeda utilizada de cada um dos componentes do sistema solar fotovoltaico. Neste caso está sendo utilizado o dólar americano (US\$).

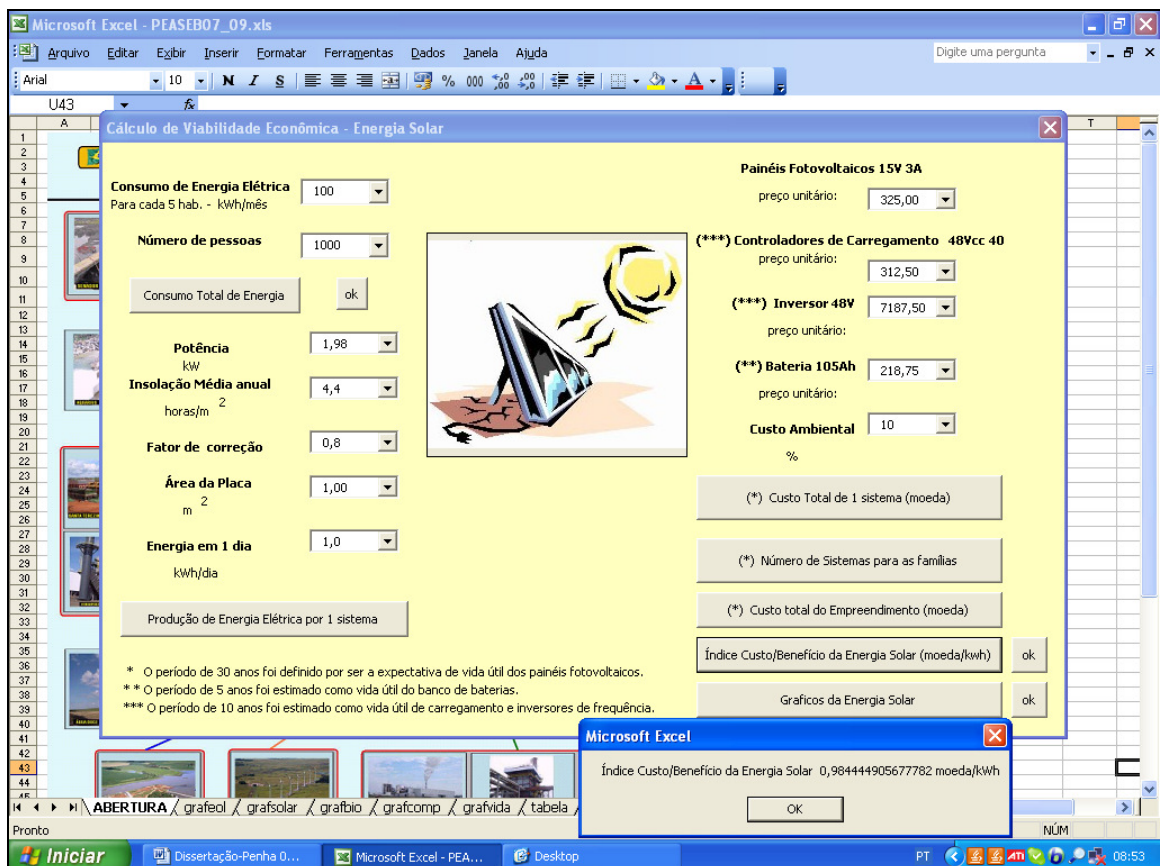


FIGURA 6.2 - “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Solar” no PEASEB

A partir dos cálculos são geradas duas planilhas no EXCEL uma delas é a “tabela” que contém um resumo dos cálculos da viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica, gerados pelo PEASEB (FIG. 6.3).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	<b>CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR</b>									
3	Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto				
4		100	20000	240000	30	7200000				
5										
6	pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas						
7	1,98	4,4	0,8	1,00						
8	Energia Produzida em 1 dia (kWh)		6.9696							
9	Energia Produzida em 1 ano (kWh)		2543.904							
10	Energia Produzida em 30 anos (kWh)		76317.12							
11	Energia Produzida em MWh		76.31712							
12	Número de Sistema		94.34318276							
13	Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)		68300							
14	Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)		7088003.321							
15	Custo da Energia Solar (moeda/kWh)		0.984444906							
16	<b>CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR</b>									
17	Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto				
18		100	20000	240000	30	7200000				
19										
20	pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas						
21	1,98	4,4	0,8	1,00						
22	Energia Produzida em 1 dia (kWh)		6.9696							
23	Energia Produzida em 1 ano (kWh)		2543.904							
24	Energia Produzida em 30 anos (kWh)		76317.12							
25	Energia Produzida em MWh		76.31712							
26	Número de Sistema		943.4318276							
27	Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)		68300							
28	Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)		70880033.21							
29	Custo da Energia Solar (moeda/kWh)		0.984444906							
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										

FIGURA 6.3 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos gerados pelo PEASEB

A segunda planilha gerada é a “grafsolar”, FIG. 6.4, que contém os seguintes gráficos do sistema solar fotovoltaico analisado: o custo total do empreendimento, o custo de um sistema e o índice custo/benefício por kWh, todos na moeda utilizada, neste trabalho em dólares americanos (US\$).

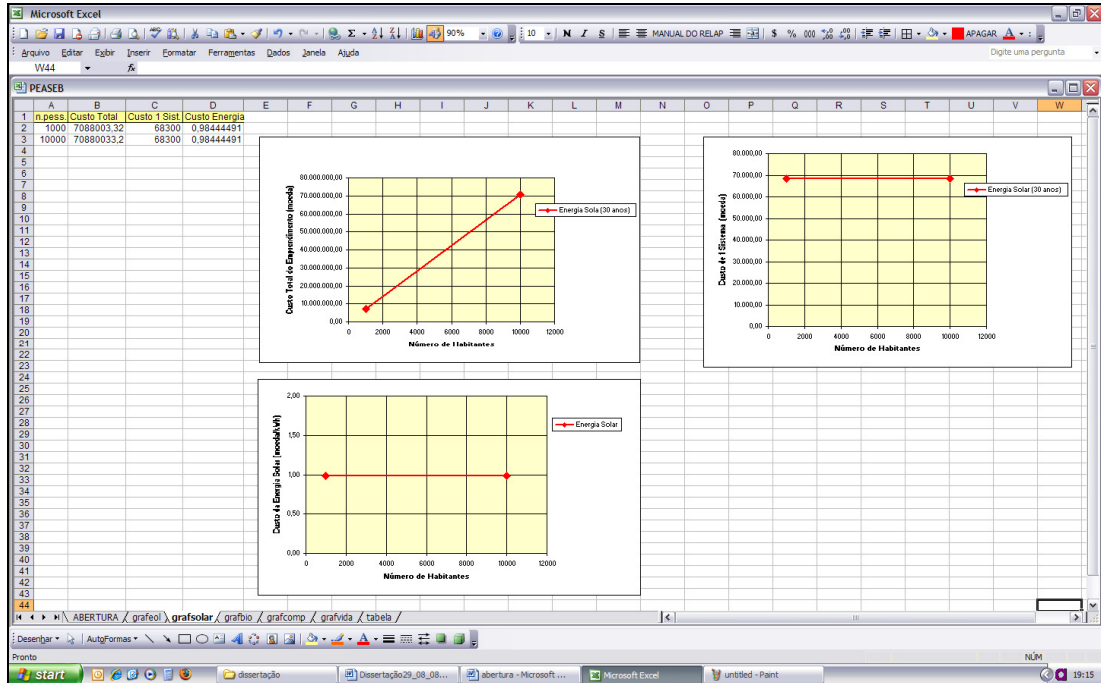


FIGURA 6.4 - Planilha “grafosolar” contém os gráficos gerados pelo PEASEB

A seguir são apresentados os cálculos dos custos da energia eólica para a região do país definida neste trabalho.

### 6.2.2 Custo da energia eólica em um período de 20 anos

Os sistemas eólicos têm seu tempo de vida definido em aproximadamente 20 anos, pois são fortemente influenciados pelo tempo de vida útil dos aerogeradores, das torres tubulares e dos reguladores automáticos de voltagem. Os demais equipamentos deste sistema possuem aproximadamente os seguintes períodos de vida: dez anos para os inversores e cinco anos para os bancos de baterias.

Deve-se ressaltar que os aerogeradores funcionam a partir de uma velocidade mínima de ventos de 2,5 m/s, sendo que no caso do estado do Maranhão a velocidade mínima dos ventos é de 2,7 m/s na primavera, como é visto na rosa dos ventos apresentada no Anexo A.3.

A energia de um sistema eólico é dada pela equação (6.8):

$$E_{eólica} = P_{eólica} \times \Delta t \times fc_{eólica} \quad (6.8)$$

onde:  $E_{eólica}$  = energia do sistema eólica (kWh);

$P_{eólica}$  = potência nominal do sistema eólico (kW);



$f_{c_{eólica}}$  = fator de capacidade eólica.

O fator de capacidade eólica ( $f_{c_{eólica}}$ ) depende fortemente da turbina e do perfil de velocidade de vento do local onde esta for instalada.

Caso o fabricante forneça a energia por unidade de comprimento multiplica-se este valor pelo diâmetro da hélice e se tem a energia do sistema, como pode ser visto pela equação (6.9):

$$E_{eólica} = E_{porcomp} \times L_{dh} \quad (6.9)$$

onde:  $E_{porcomp}$  = energia por unidade de comprimento (kWh/m);

$L_{dh}$  = diâmetro da hélice (m).

O custo do sistema eólico para 20 anos leva em consideração o valor inicial dos equipamentos e suas substituições até o final de sua vida útil e que são: uma vez o custo do aerogerador, uma vez o custo da torre tubular, uma vez o custo do regulador automático de voltagem digital, uma vez o custo do inversor, e quatro vezes o custo do banco de baterias, na moeda desejada, conforme a equação (6.10):

$$V_{Teólico\1sistema} = 1 \times V_{aerogeradores} + 1 \times V_{torretubular} + 1 \times V_{reguladores} + 1 \times V_{inversores} + 4 \times V_{baterias} \quad (6.10)$$

onde:  $V_{Teólico\1sistema}$  = valor total dos componentes de um sistema eólico em 20 anos (moeda);

$V_{aerogeradores}$  = valor dos aerogeradores (moeda);

$V_{torretubular}$  = valor das torres tubulares (moeda);

$V_{reguladores}$  = valor dos reguladores (moeda);

$V_{inversores}$  = valor dos inversores de potência (moeda);

$V_{baterias}$  = valor das baterias (moeda).

Em 20 anos a energia eólica de um sistema é calculada segundo a equação (6.11):

$$E_{eol20anos} = E_{eólica} \times n_h \times n_d \times n_a \quad (6.11)$$

onde:  $E_{eol20anos}$  = energia eólica de um sistema em 20 anos (kWh);

$n_h$  = número de horas em um dia;

$n_d$  = número de dias em um ano;

$n_a$  = número de anos.

Para se saber o número de sistemas necessários para atender a população em 20 anos utiliza-se a equação (6.12):

$$n_{sistemaeol} = \frac{E_{população\ 20anos}}{E_{eol20anos}} \quad (6.12)$$

onde:  $n_{sistemaeol}$  = número de sistemas necessários para atender a população;

$E_{população\ 20anos}$  = energia necessária para a população em 20 anos (kWh).

Assim, o custo total do empreendimento de energia eólica para as famílias em 20 anos é dado pela equação (6.13):

$$C_{Tempeol} = n_{sistemaeol} \times V_{Tseólica\ sistema} \times C_{e\ ambiental} \quad (6.13)$$

onde:  $C_{Tempeol}$  = custo total do empreendimento da energia eólica em 20 anos (moeda);

$C_{e\ ambiental}$  = custos ambientais da instalação eólica (%).

Assim, o índice custo/benefício da energia eólica é dado pela equação (6.14):

$$C_{Teólica} = \frac{C_{Tempeol}}{E_{20anos}} \times C_{e\ ambiental} \quad (6.14)$$

onde:  $C_{Teólica}$  = custo da energia por kWh (moeda /kWh).

Como exemplo é utilizado neste trabalho à referência [49], na qual o preço de um sistema eólico de 20 kWh/m em 20 anos é apresentado na TAB. 6.2, com valores cotados em maio de 2008, sendo que os custos desta instalação estão embutidos nos valores finais.

TABELA 6.2 - Valores dos componentes de um sistema eólico em 20 anos

DESCRIÇÃO	QUANTIDADES	PREÇO UNITÁRIO (US\$)	PREÇO TOTAL (US\$)
Aerogerador + controlador de carga	1	1.868,75	1.868,75
.Torre tubular de nove metros	1	468,75	468,75
.Cabos de aço e acessórios para Torre	40mt	2,50	100,00
.Regulador automático de voltagem	1	539,38	539,38
.Inversor ac - 500 watts-Onda Senoidal	1	312,50	312,50
.Baterias de 180 Amph	2	468,75	937,50
tubo galvanizado	3	225,00	675,00
Frete	1	118,75	118,75
<b>Valor total</b>		<b>4.004,38</b>	<b>5.020,63</b>

Esta configuração foi selecionada por seu diferencial que é a utilização de resina de fibras naturais na fabricação das turbinas, diferentemente das outras configurações que utilizam o poliuretano o qual contribui com o efeito estufa e a fibra de vidro, que causa doenças.

Valores típicos do fator de capacidade eólica ( $f_{c_{eólica}}$ ) são da ordem de 0,25 a 0,35 (25% a 35%).

Para este sistema eólico de 20 kWh/m, com velocidade nominal de 12 m/s e com diâmetro de hélice igual a 1,15 m, calcula-se a energia pela equação (6.9). Para a realização dos cálculos dos custos do sistema eólico é utilizado o PEASEB no qual estão programadas as equações (6.8), (6.9) (6.10), (6.11), (6.12), (6.13) e (6.14), e os dados da TAB. 6.2, para as condições prescritas pelo usuário.

Analogamente ao caso anterior os seguintes passos deverão ser seguidos pelo usuário:

- ✚ clicar na planilha “ABERTURA” do programa PEASEB;
- ✚ clicar no índice, no botão “ENERGIA EÓLICA”;
- ✚ os cálculos dos custos da energia eólica, utilizando o botão de “ENERGIA EÓLICA” contém um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Eólica” onde são inseridos os dados de entrada;
- ✚ a planilha “tabela” contém o resumo dos custos da energia elétrica originária do sistema eólico que é gerado pelo programa;
- ✚ a planilha “grafeol” contém os gráficos dos custos da energia eólica que também é resultado do programa.

A primeira tela “ABERTURA” é mostrada na FIG. 6.5, onde também está indicada por uma flecha a opção da “ENERGIA EÓLICA”, relativo ao cálculo da viabilidade econômica desta fonte alternativa.

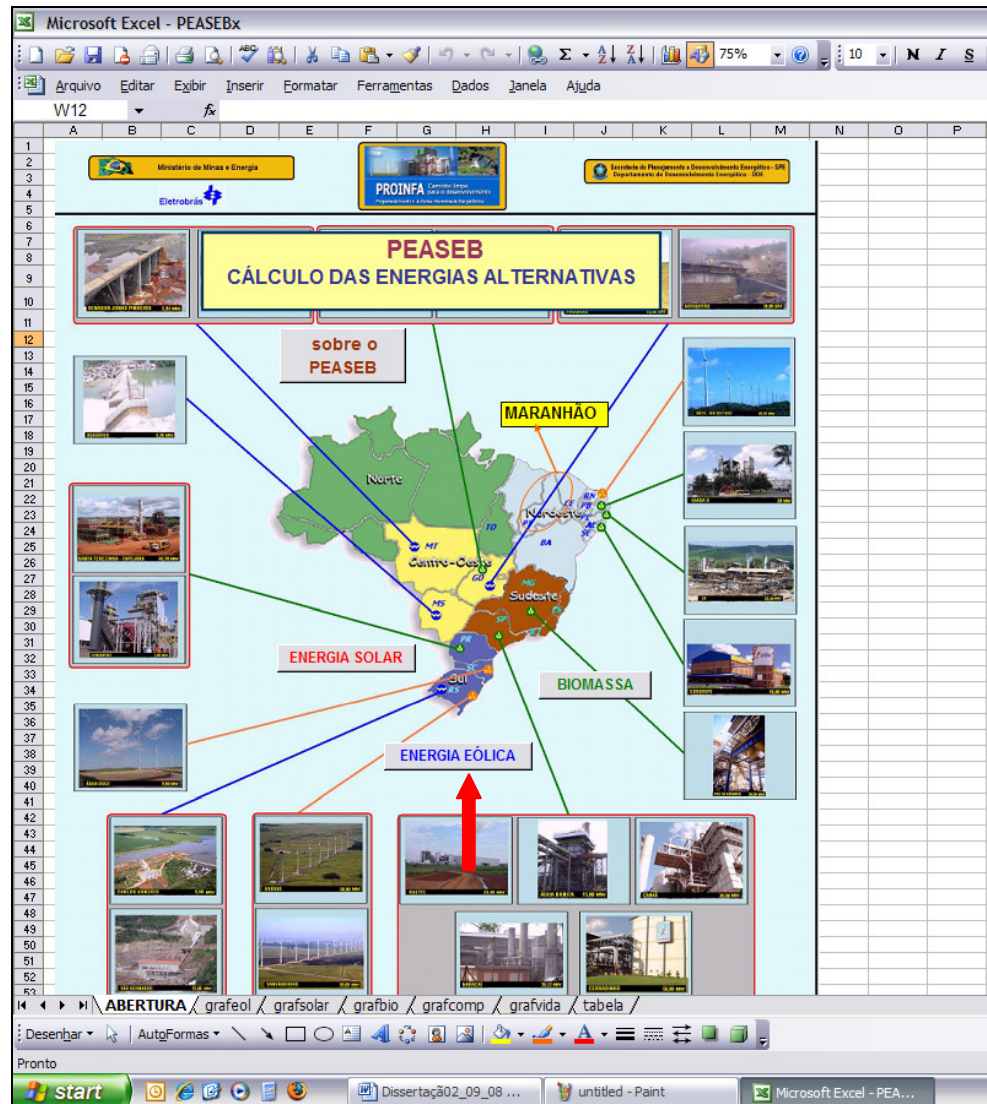


FIGURA 6.5 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “ENERGIA EÓLICA”

O botão “ENERGIA EÓLICA” contém um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Eólica”, apresentada na FIG. 6.6.

A pasta apresentada na FIG. 6.6 necessita que o usuário insira alguns dados como: a energia mensal necessária para uma família de cinco pessoas, o número de habitantes da comunidade em estudo, a potência da instalação eólica e o fator de capacidade eólica. Neste caso os valores da energia e do diâmetro da hélice são iguais a 1,0 (*default*). Caso o usuário já tenha a energia gerada pelo sistema, que geralmente é fornecido por unidade de comprimento, o programa já foi adaptado para isto e os valores de entrada da equação (6.8) são inseridos com

os valores *default* iguais a 1,0, e neste caso devem ser dados os valores da energia e do diâmetro da hélice.

Além dos dados operacionais da instalação também são fornecidos pelo usuário os valores unitários na moeda desejada de cada um dos componentes do sistema eólico, neste caso em dólares americanos (US\$).

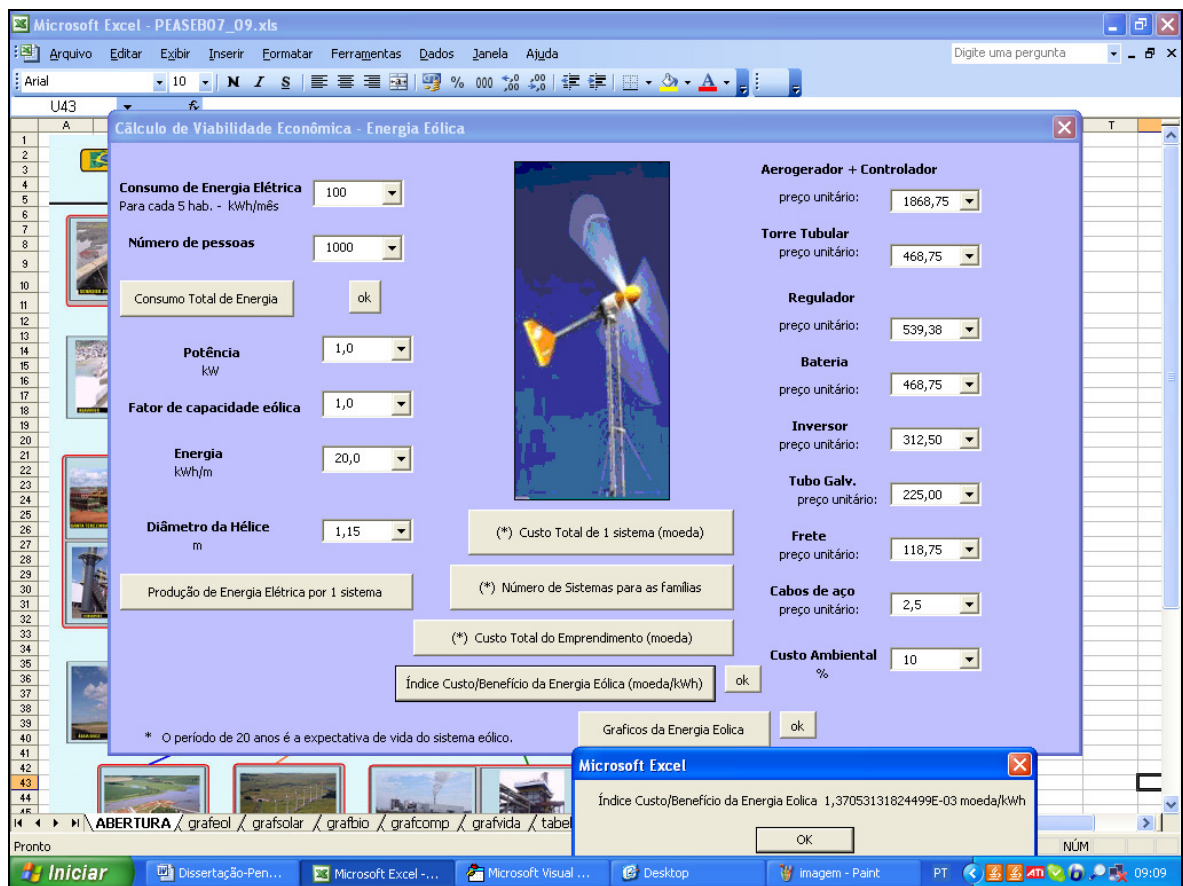


FIGURA 6.6 - “Cálculo da Viabilidade Econômica – Energia Eólica” no PEASEB

Uma vez realizados estes cálculos são geradas duas planilhas no EXCEL. Uma delas é a “tabela” que contém um resumo dos cálculos de viabilidade econômica da energia eólica gerados pelo PEASEB (FIG. 6.7) e a outra planilha gerada é a “grafeol”, FIG. 6.8. Esta última contém os seguintes gráficos para o sistema eólico: do custo total do empreendimento, do custo de um sistema e o índice custo/benefício por kWh, todos na moeda utilizada pelo usuário, neste trabalho, dólares americanos. (US\$).

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual anos Consumo Previsto
100	1000	20000	240000 20 4800000
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica	
1,0	1,15	1,0	
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		552	
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		201480	
Energia Produzida em 20 anos (kWh)		4029600	
Energia Produzida em MWh		4029,6	
Número de Sistemas		1,191185229	
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)		5020,63	
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)*		6578,550328	
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)		0,001370531	

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual anos Consumo Previsto
100	10000	200000	2400000 20 48000000
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica	
1,0	1,15	1,0	
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		552	
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		201480	
Energia Produzida em 20 anos (kWh)		4029600	
Energia Produzida em MWh		4029,6	
Número de Sistemas		11,91185229	
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)		5020,63	
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)*		65785,50328	
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)		0,001370531	

FIGURA 6.7 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos, gerada pelo PEASEB

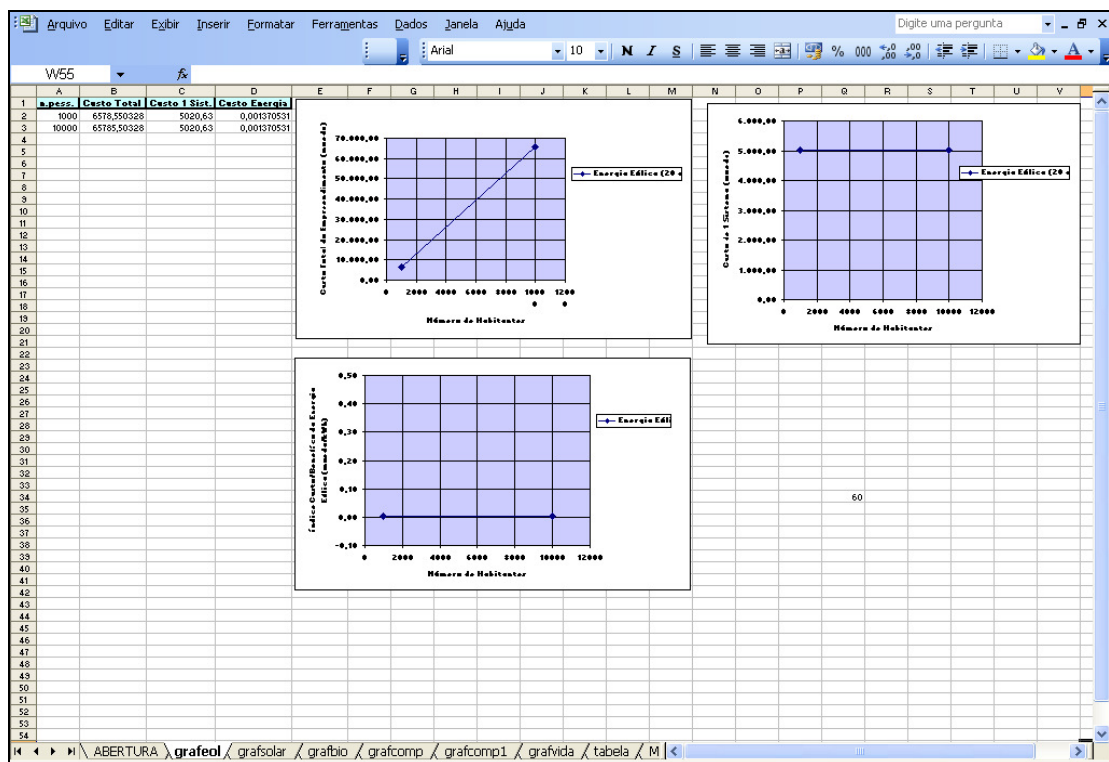


FIGURA 6.8 - Planilha “grafeol” contém os gráficos gerados pelo PEASEB

Na seqüência estão descritos os cálculos dos custos da energia de biomassa.

### **6.2.3 Custo da energia de biomassa a partir de óleos vegetais *in natura* em 10 anos**

O Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) [50], em seus estudos de bio-conversão, utiliza o gerador a diesel, e substitui o combustível original pelo óleo de dendê *in natura*. Neste caso, são necessárias poucas adaptações para que o motor esteja apto a operar de forma eficiente, tais como: aumento da taxa de compressão do combustível em cerca de 4% para facilitar sua queima, aumento da temperatura de admissão do ar e diminuição do débito de combustível. Além disso, o óleo precisa ser utilizado na temperatura ideal. “A viscosidade do óleo de dendê *in natura* em temperatura ambiente é maior que a do diesel”, explica Pimentel [18].

O óleo deve ser aquecido a uma temperatura de 85°C para obter viscosidade similar à do diesel e permitir um melhor funcionamento do motor, mesmo operando com o óleo, o gerador ainda precisa de pequenas quantidades de diesel para dar a partida no motor e limpar o sistema na hora de ser desligado [18].

O custo desse sistema leva em consideração o valor inicial dos equipamentos e as suas substituições ao final da vida útil, sendo uma vez o custo do gerador a diesel de 20 kVA, 220/127 W, 60 Hz, operando 24 h/dia, uma vez o custo da casa de força e cinco vezes os serviços de manutenção. Em relação ao custo da biomassa, óleo de dendê *in natura*, assume-se que o valor é igual a zero, pois esta matéria prima é substrato do próprio local da instalação. Para estes cálculos supõe-se que o óleo já esteja pronto para utilização, isto é, não está sendo considerado o processo de transformação da biomassa virgem em óleo *in natura* [18].

A energia de biomassa, segundo pesquisa realizada pelo Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes não Convencionais (GPT) [19] apresenta um rendimento médio de 77%, ou seja, para cada kg de biomassa são gerados 0,77 kWh [19].



O cálculo da energia gerada para um sistema de biomassa é dado pela equação (6.15):

$$E_{biomassa} = P_{biomassa} \times \Delta t \times k_p \times f_{cbiomassa} \quad (6.15)$$

onde:  $E_{biomassa}$  = energia do sistema de biomassa (kWh);

$P_{biomassa}$  = potência nominal da biomassa (kW);

$\Delta t$  = intervalo de tempo;

$k_p$  = fator de perda na rede;

$f_{cbiomassa}$  = fator de carga de biomassa.

O fator de carga de biomassa ( $f_{cbiomassa}$ ) é definido como sendo a razão entre a energia elétrica efetivamente gerada por um sistema durante um determinado intervalo de tempo e a energia elétrica que seria gerada caso o sistema operasse em sua potência nominal durante esse mesmo intervalo de tempo.

Um sistema de biomassa tem um tempo de vida útil de dez anos e leva em consideração o seguinte valor inicial: uma vez o custo do gerador, uma vez o custo da casa de força e cinco vezes o custo de manutenção, na moeda desejada, como mostra a equação (6.16):

$$V_{Tbiomassa1sistema} = 1 \times V_{gerador} + 1 \times V_{casaforça} + 5 \times V_{manutenção} \quad (6.16)$$

onde:  $V_{Tbiomassa1sistema}$  = valor total dos componentes de um sistema de biomassa em 10 anos (moeda);

$V_{gerador}$  = valor do gerador (moeda);

$V_{casaforça}$  = valor da casa de força (moeda);

$V_{manutenção}$  = valor de manutenção (moeda).

Em 10 anos esta energia é calculada segundo a equação (6.17):

$$E_{bio10anos} = E_{biomassa} \times n_h \times n_d \times n_a \quad (6.17)$$

onde:  $n_h$  = número de horas em um dia;

$n_d$  = número de dias em um ano;

$n_a$  = número de anos.

Para se saber o número de sistemas necessários para atender a população em 10 anos utiliza-se a equação (6.18):

$$n_{\text{sistemabio}} = \frac{E_{\text{população 10anos}}}{E_{\text{biol20anos}}} \quad (6.18)$$

onde:  $n_{\text{sistemabio}}$  = número de sistemas necessários para atender a população;

$E_{\text{população 10anos}}$  = energia necessária para a população em 10 anos (kWh).

Assim, o custo total do empreendimento de energia de biomassa para as famílias em 10 anos é dado pela equação (6.19):

$$C_{\text{Tempbio}} = n_{\text{sistemasbio}} \times V_{\text{Tbiomassalsistema}} \times C_{\text{e ambiental}} \quad (6.19)$$

onde:  $C_{\text{Tempbio}}$  = custo total do empreendimento da energia de biomassa (moeda);

$C_{\text{b ambiental}}$  = custos ambientais da instalação de biomassa (%).

Assim, o índice custo/benefício da energia de biomassa é dado pela equação (6.20):

$$C_{\text{T biomassa}} = \frac{C_{\text{Tempbio}}}{E_{10anos}} \times C_{\text{b ambiental}} \quad (6.20)$$

onde:  $C_{\text{biomassar}}$  = custo da energia por kWh (moeda /kWh).

Para os cálculos da energia de biomassa, é tomada como exemplo a referência [19], que é um sistema de biomassa que gera 15 kW de potência, com fator de perda ( $k_p$ ) assumido igual a 1,1 e fator de carga de biomassa ( $f_{\text{cbiomassa}}$ )

igual a 0,25, valores cotados no ano de 2005 com durabilidade de 10 anos. Os preços dos componentes estão listados em dólares americanos (US\$) na TAB. 6.3. Neste caso os custos relativos à biomassa não foram considerados, pois se assume que já exista a vegetação na região.

Finalmente o programa PEASEB tem, também, a programação das equações (6.15), (6.16) (6.17), (6.18), (6.19) e (6.20), e os dados da TAB. 6.3, que são utilizados para os cálculos dos custos do sistema de biomassa para as condições fornecidas pelo usuário.

TABELA 6.3 - Valores dos componentes de um sistema de biomassa em 10 anos

DESCRIÇÃO	QUANTIDADES	PREÇO UNITÁRIO (US\$)	PREÇO TOTAL (US\$)
Gerador	1	12.500,00	12.500,00
Casa de força	1	7.500,00	7.500,00
Serviços e manutenção	5	1.875,00	9.375,00
Valor total		21.875,00	29.375,00

Como nos casos anteriores os seguintes passos deverão ser seguidos pelo usuário:

- ✚ clicar na planilha “ABERTURA” do programa PEASEB;
- ✚ clicar no índice, no botão “BIOMASSA”;
- ✚ os cálculos dos custos da energia de biomassa, utilizando o botão de “BIOMASSA” contém um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica -Biomassa” onde são inseridos os dados de entrada;
- ✚ a planilha “tabela” contém o resumo dos custos da energia elétrica originária do sistema de biomassa que é gerado pelo programa;
- ✚ a planilha “grafbio” contém os gráficos dos custos da energia de biomassa que também é gerado pelo programa.

A primeira tela “ABERTURA” é mostrada na FIG. 6.9, onde também está indicada por uma flecha a opção da “BIOMASSA”, relativo ao cálculo da viabilidade econômica desta fonte alternativa.



FIGURA 6.9 - “ABERTURA” do PEASEB com o botão “BIOMASSA”

A tela apresentada na FIG. 6.10 necessita que o usuário insira alguns dados como: a energia mensal necessária para uma família de cinco pessoas, o número de habitantes da comunidade em estudo, a potência da instalação de biomassa, o fator de carga de biomassa e o fator de perda na rede. Neste caso o valor da energia é igual a 1,0 (*default*). Caso o usuário já tenha a energia gerada pelo sistema, o programa já foi adaptado para isto e os valores de entrada para os termos da equação (6.18) são iguais a 1,0 (*default*), e neste caso deve ser fornecido o valor da energia.

Além dos dados operacionais da instalação também são fornecidos pelo usuário os valores unitários na moeda desejada de cada um dos componentes do sistema de biomassa, neste caso em dólares americanos (US\$).

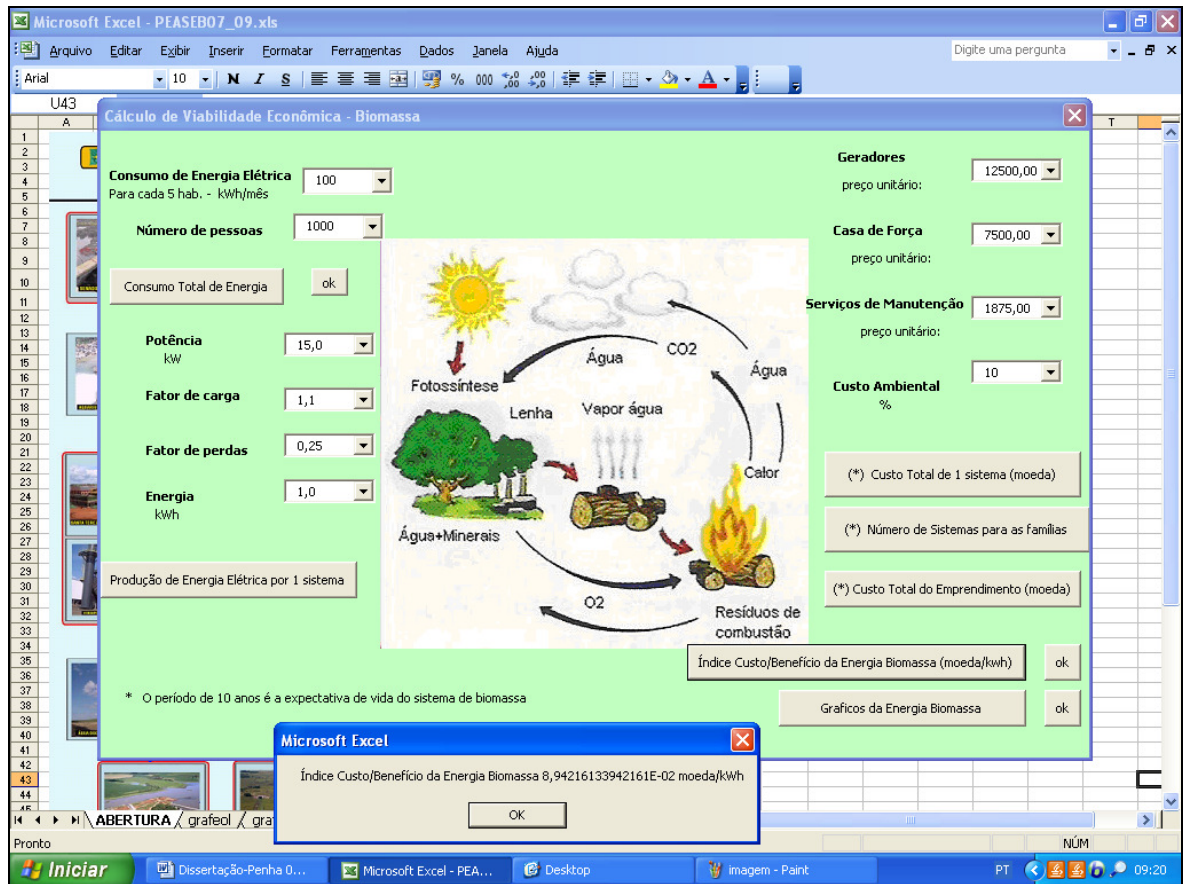


FIGURA 6.10 - "Cálculo da Viabilidade Econômica – Biomassa" no PEASEB

Uma vez realizados estes cálculos são geradas as seguintes planilhas no EXCEL: a "tabela" que contém um resumo dos cálculos de viabilidade econômica da energia de biomassa, gerado pelo PEASEB (FIG. 6.11) e a outra planilha gerada é a "grafbio", FIG. 6.12. Esta última contém os seguintes gráficos para o sistema de biomassa: o custo total do empreendimento, o custo de um sistema e o índice custo/benefício por kWh, todos na moeda utilizada pelo usuário, neste trabalho dólares americanos (US\$).

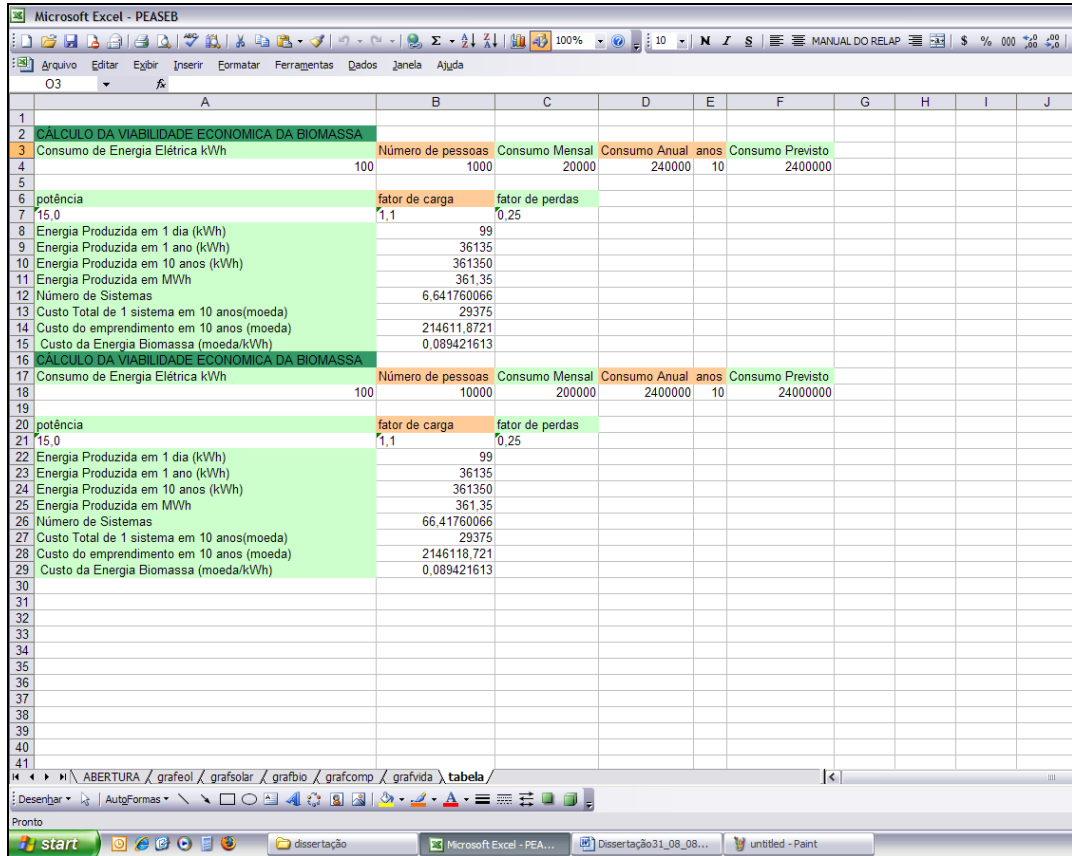


FIGURA 6.11 - Planilha “tabela” com o resumo dos cálculos, gerados pelo PEASEB

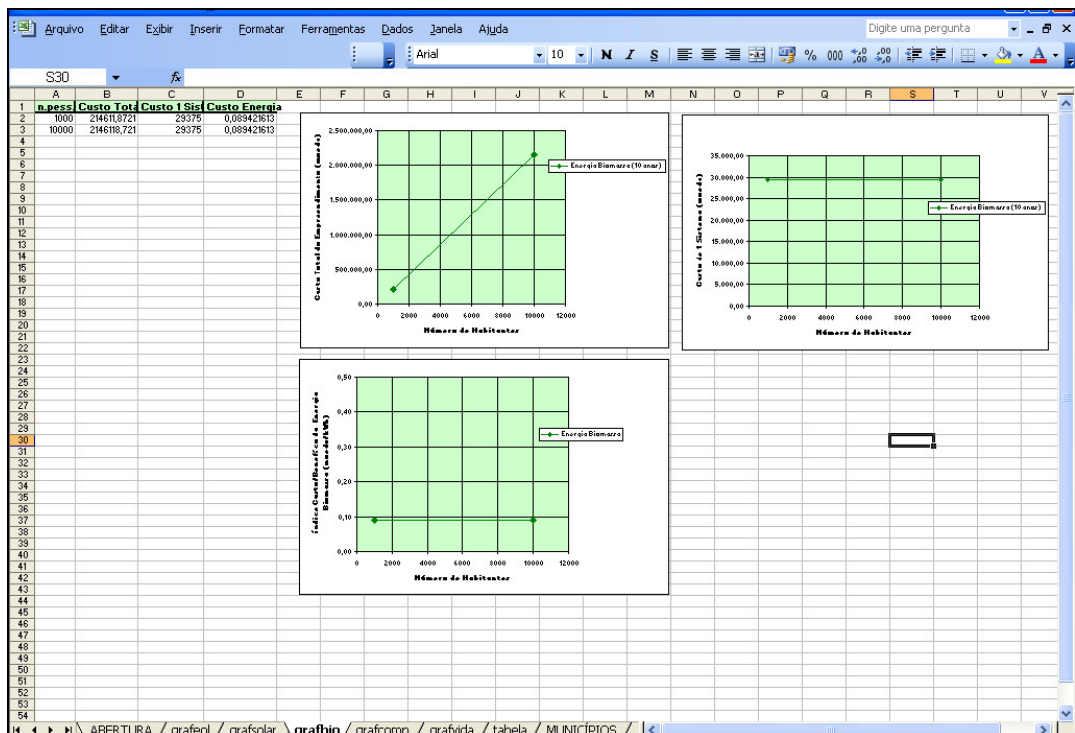


FIGURA 6.12 - Planilha “grafbio” contém gráficos gerados pelo PEASEB

A última planilha gerada pelo PEASEB é a “grafcomp” onde estão os gráficos que comparam os custos das fontes alternativas de energia em função do número de habitantes, FIG. 6.13. Ainda há mais uma planilha, a “grafvida”, que foi construída com as informações fornecidas pelos fabricantes de instalações de energias solar fotovoltaica, eólica e biomassa, onde são comparados os custos para um sistema de cada uma destas fontes ao longo de seu tempo de vida, FIG. 6.14.

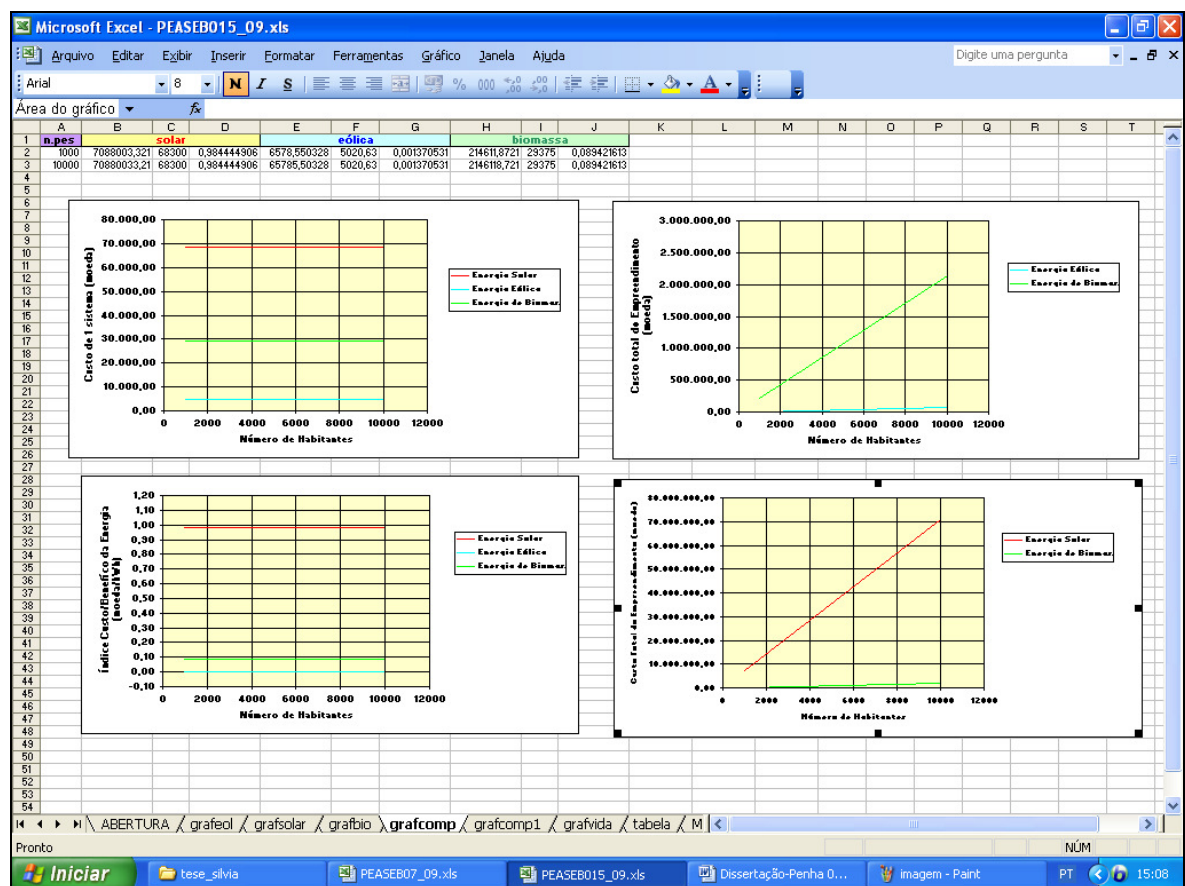


FIGURA 6.13 - Planilha “grafcomp” contém gráficos comparativos entre as fontes alternativas gerados pelo PEASEB

Finalmente, ao clicar o último botão “Sobre o PEASEB” contém as recomendações sobre o uso do PEASEB, na planilha “ABERTURA”, é então que surge a tela propriamente dita sobre o PEASEB, que se encontra na FIG.6.15.

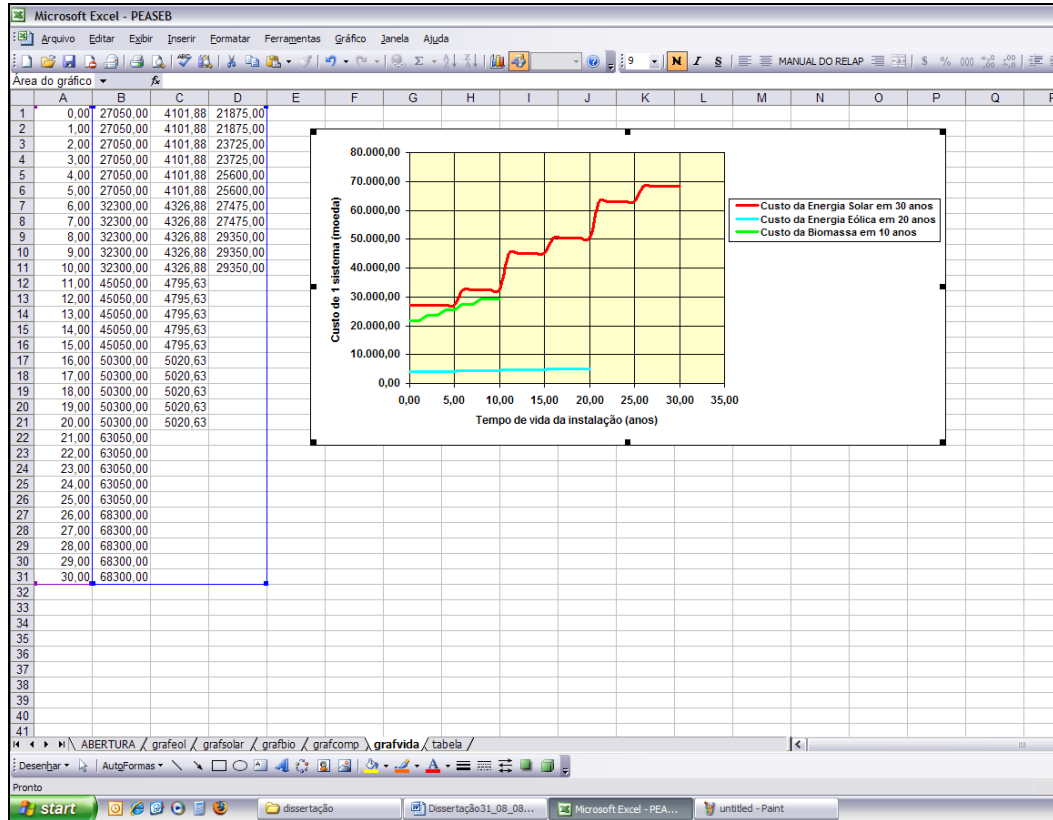


FIGURA 6.14 - Planilha “grafvida” com o gráfico da vida das instalações construídos a partir de dados dos fabricantes

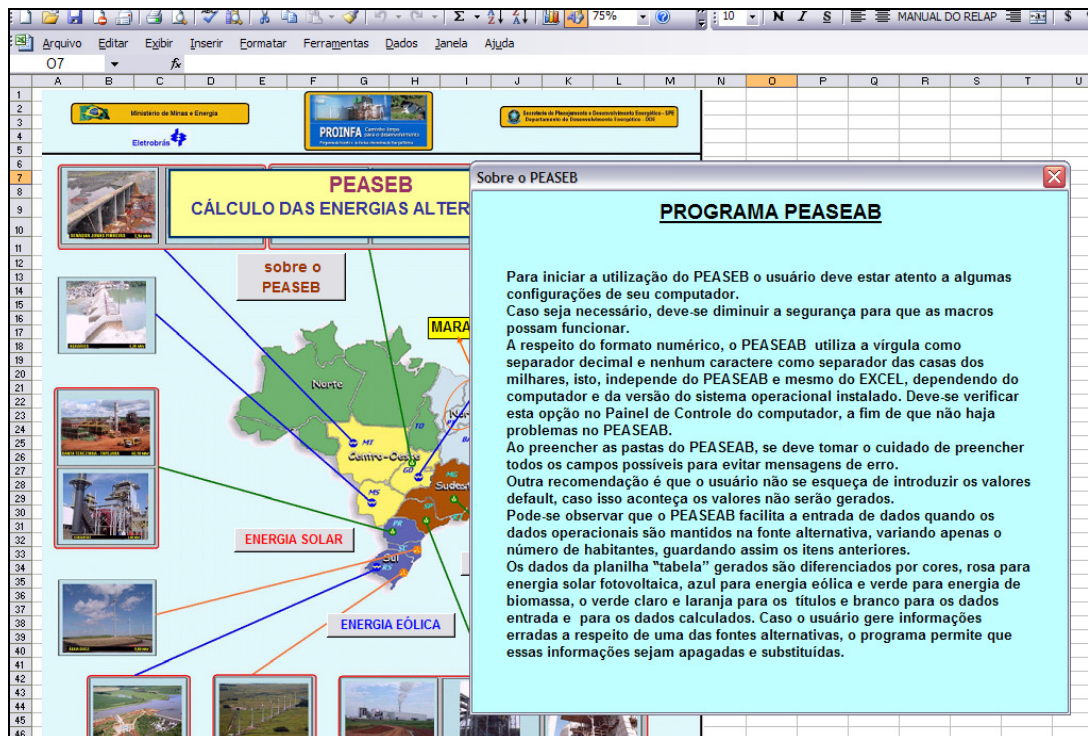


FIGURA 6.15 - O botão “Sobre o PEASEAB” na planilha “ABERTURA”



Embora tenham sido apresentadas todas as telas geradas pelo programa PEASEB para o cálculo da viabilidade econômica das fontes alternativas de energia solar, eólica e biomassa, as análises dos resultados obtidos serão devidamente discutidas no próximo capítulo.

## 7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são analisados os resultados obtidos da simulação feita com o programa PEASEB para o cálculo de viabilidade econômica de cada uma das fontes alternativas de energia selecionadas neste trabalho, para os municípios do estado do Maranhão com a população entre 1.000 e 10.000 habitantes.

A primeira fonte alternativa de energia a ser avaliada é a solar fotovoltaica e o modelo adotado é o fornecido pela Kyocera Solar [48], com os dados operacionais fornecidos no item 6.2.1 e os preços dos componentes cotados em 2006, conforme a TAB. 6.1. Para facilitar a apresentação dos resultados foram considerados os valores mínimos e máximos em cada mil habitantes, conforme APÊNDICE C, pois as diferenças encontradas nos custos finais dentro desta escala não são significativas. A moeda utilizada nos exemplos apresentados a seguir é o dólar americano (US\$).

A FIG. 7.1 mostra a evolução dos custos deste empreendimento solar fotovoltaico em função do número de habitantes após 30 anos, que é o tempo de vida útil do mesmo. Observa-se que os custos desta instalação, nos preços de 2008, chegam a US\$ 7,3 milhões em 30 anos, para uma população de 1.000 pessoas e a cada 1.000 a mais de habitantes adiciona-se US\$ 7,3 milhões, ou seja, quando a população chegar a 10.000 pessoas este valor é de US\$ 73 milhões.

Embora, estes custos inicialmente sejam altos os mesmos são minimizados quando mais do que um sistema solar fotovoltaico for adquirido. Há também uma forte tendência mundial de que os preços dos componentes diminuam de valor ao longo dos anos devido aos avanços tecnológicos nesta área. Além disso, esta é uma fonte alternativa muito interessante para o Maranhão, pois segundo a Carta Solar deste estado (ANEXO A.3.1), mostra que a incidência solar nesta região do país dura o ano inteiro. Portanto, em longo prazo esta fonte alternativa será muito promissora principalmente no Brasil que é um país tropical e pelo fato do sol ser uma fonte de energia inesgotável.

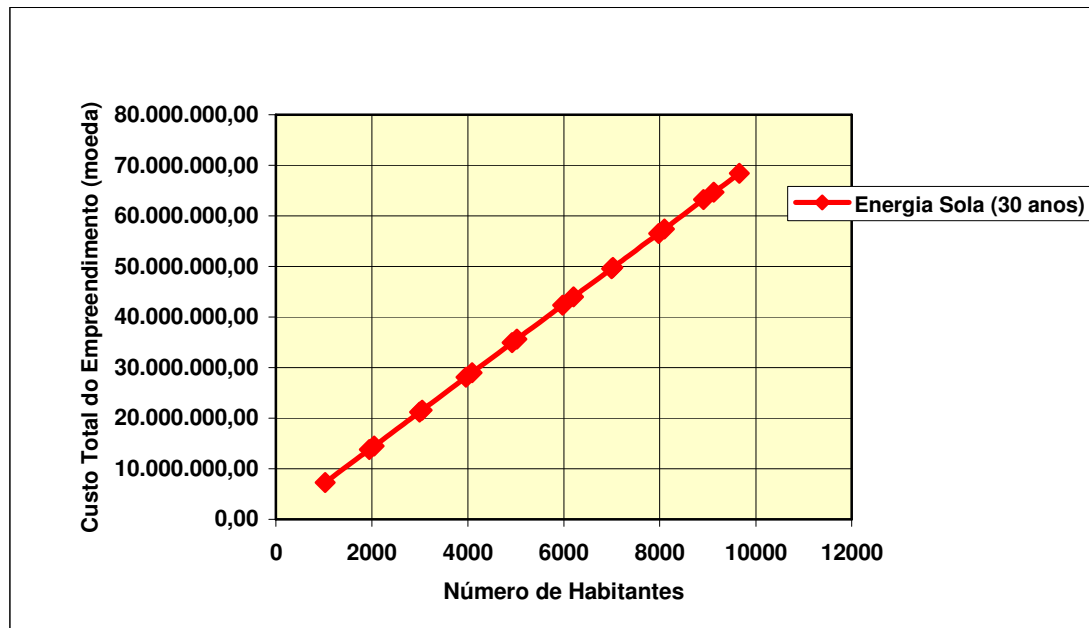


FIGURA 7.1 - Custo total do empreendimento solar fotovoltaico em 30 anos em função de número de habitantes

Para o caso da energia eólica foi tomado como exemplo a referência [49], na qual o preço de um sistema eólico de 20 kWh/m já foram fornecidos na TAB. 6.2. Os resultados obtidos para este caso foram gerados para o mesmo range de população da fonte solar fotovoltaica.

Por meio da FIG. 7.2 observa-se que o custo do empreendimento eólico é relativamente barato, ou seja, para um sistema ou uma população de 1.000 pessoas este valor fica em torno de US\$ 6.578,00 após 20 anos de vida útil da instalação. Neste caso a instalação irá depender basicamente da velocidade dos ventos, que para região do país em estudo é o suficiente para mover os aerogeradores, ver ANEXO A.3.2.

Deve-se ressaltar que um dos maiores problemas ocasionados por esta fonte alternativa de energia era o ruído devido ao movimento das hélices, que ao longo dos anos diminui muito, chegando a níveis bem abaixo dos permitidos. Outro problema é quanto área de terra produtiva ocupada pelas torres, no entanto, hoje em dia elas podem ser instaladas nos telhados das residências. Assim sendo, a energia eólica a curto espaço de tempo é uma fonte de energia muito promissora para o Nordeste brasileiro. Como exemplo da utilização desta

fonte de energia, pode-se ver por meio da TAB. 4.1 que a capacidade de geração de energia para esta região do país é de 79 MW de potência instalada.

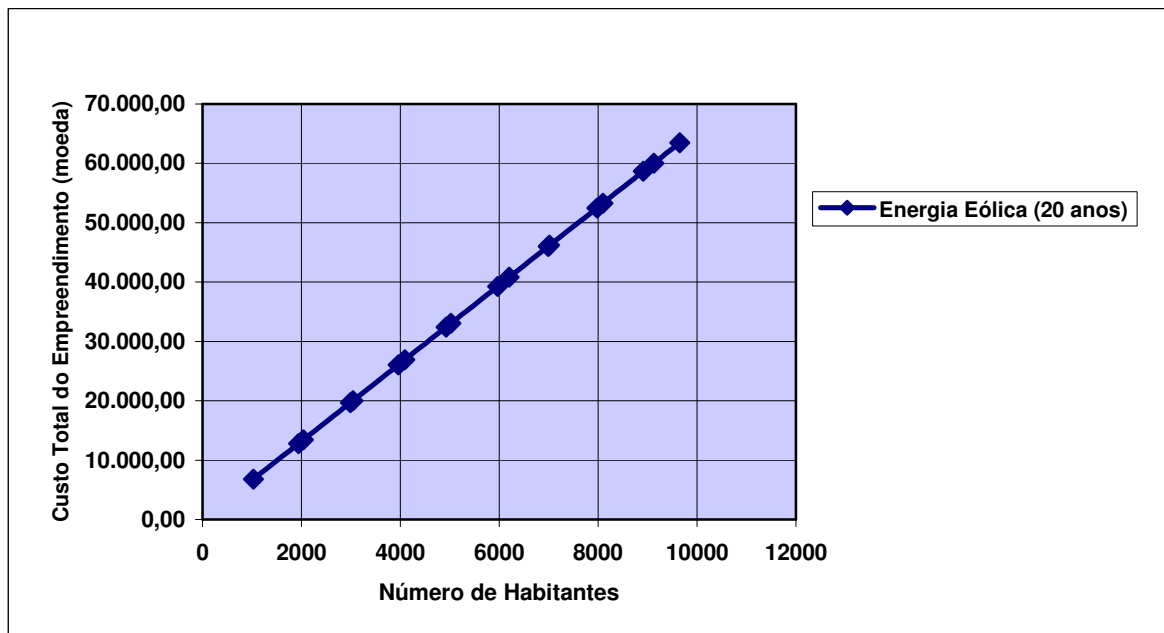


FIGURA 7.2 - Custo total do empreendimento eólico em 20 anos em função de número de habitantes

A última fonte alternativa analisada neste trabalho é a de biomassa, cujos resultados obtidos com o PEASEB, a partir dos dados fornecidos na referência [19] e que estão listados no item 6.2.3 e na TAB. 6.3, podem ser vistos na FIG. 7.3, que foi construída para o mesmo número de habitantes utilizados nos casos anteriores. Observa-se que para um sistema o custo do empreendimento de biomassa está em torno de U\$ 30.000,00 após 10 anos de vida útil. A avaliação de viabilidade econômica desta fonte alternativa de energia não considera apenas os custos do empreendimento, mas também a área e o tempo de plantio do óleo de dendê *in natura*, do qual o fruto é utilizado como combustível.

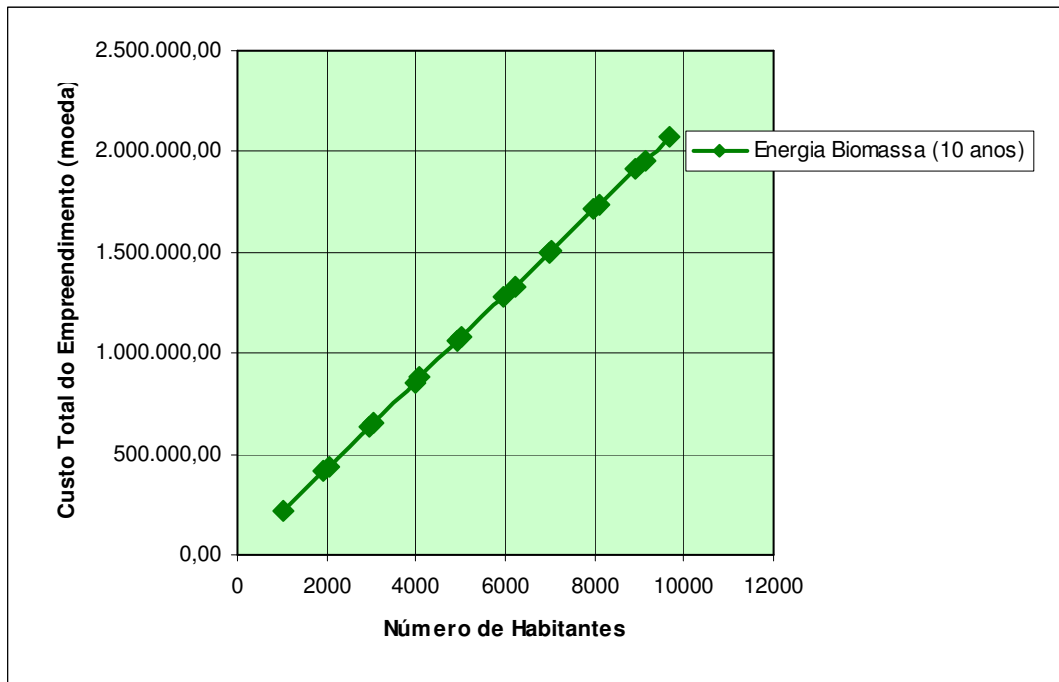


FIGURA 7.3 - Custo total do empreendimento de biomassa em 10 anos em função de número de habitantes

Nas FIG. 7.4 e FIG. 7.5 são apresentadas as comparações dos custos totais dos empreendimentos solar, eólico e de biomassa em função do número de habitantes. A comparação foi realizada de duas em duas fontes de energia devido às diferenças de escalas. Inicialmente foram comparadas a solar fotovoltaica com a de biomassa, na qual se observa que os custos da instalação solar fotovoltaica são muito maiores do que os custos da instalação de biomassa, após os seus respectivos períodos de vida útil. Para uma comunidade com 1.000 habitantes, por exemplo, o custo do empreendimento de biomassa é US\$ 220 mil, enquanto que para a instalação solar fotovoltaica o valor correspondente para a mesma amostra é de US\$ 7,3 milhões.

A comparação entre as instalações eólica e de biomassa, conforme FIG. 7.5, mostram que após as suas respectivas vidas úteis, a eólica é a mais barata dentre todas, como já mencionado anteriormente.

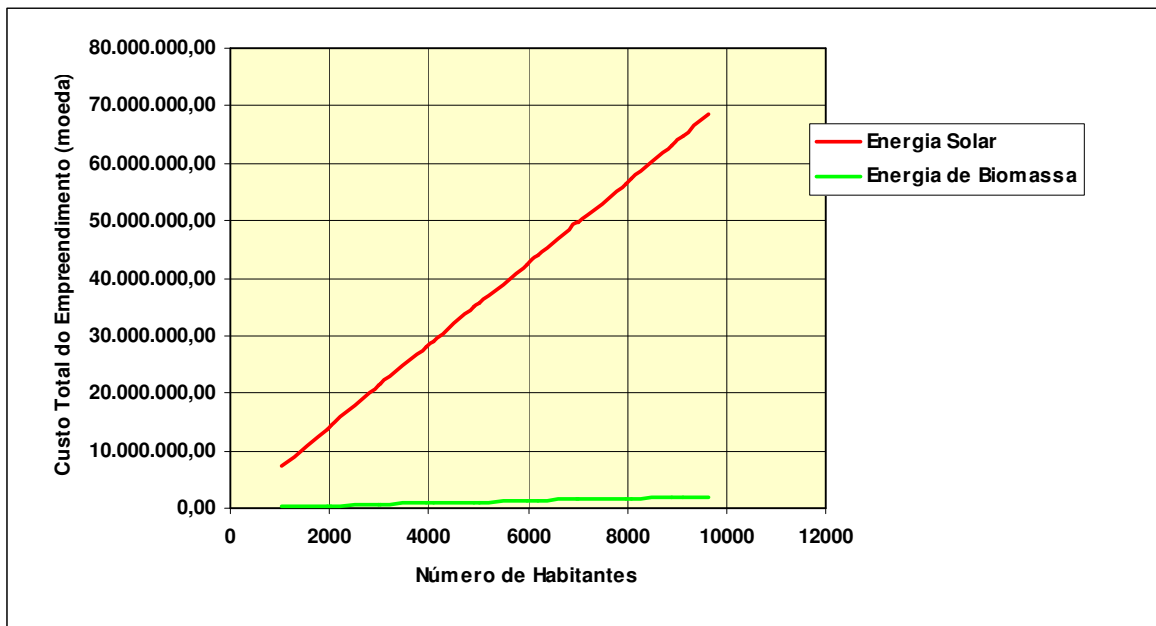


FIGURA 7.4 - Comparação dos custos totais dos empreendimentos solar e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes

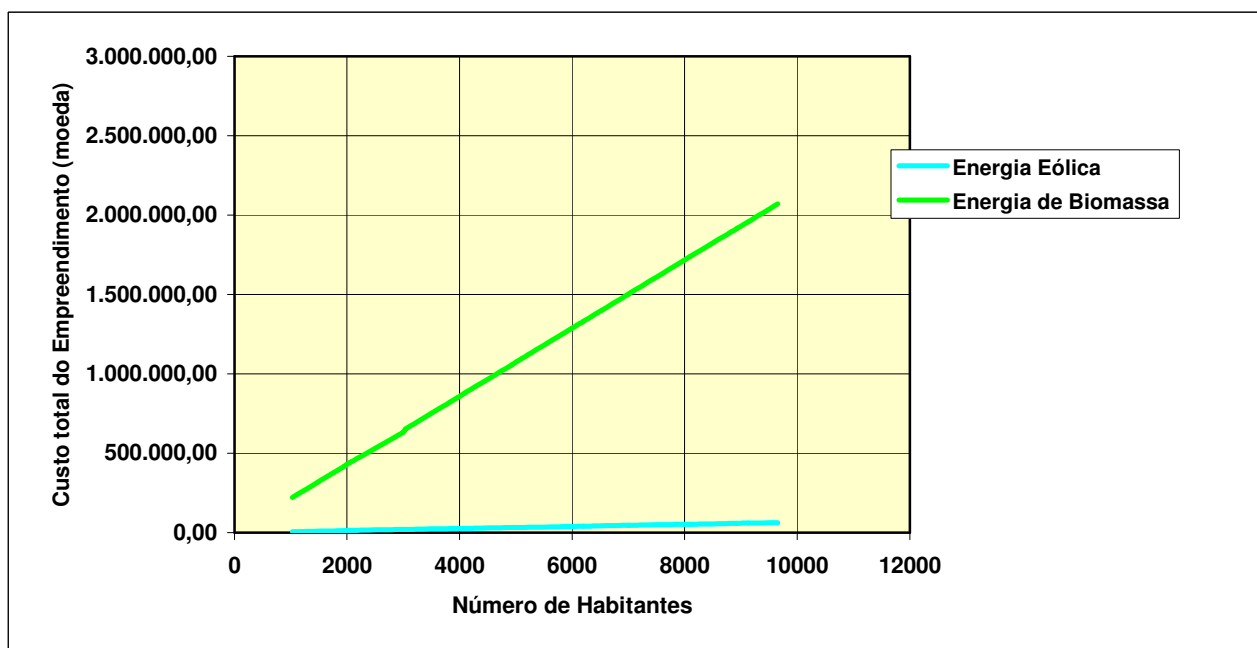


FIGURA 7.5 - Comparação dos custos totais dos empreendimentos de biomassa e eólico, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes

A FIG. 7.6 apresenta a comparação entre os custos de 1 sistema para cada uma das fontes alternativas de energia analisadas neste trabalho, após os seus tempos de vida útil. Verifica-se que os custos do sistema solar são bem maiores do que os sistemas de biomassa e eólico.

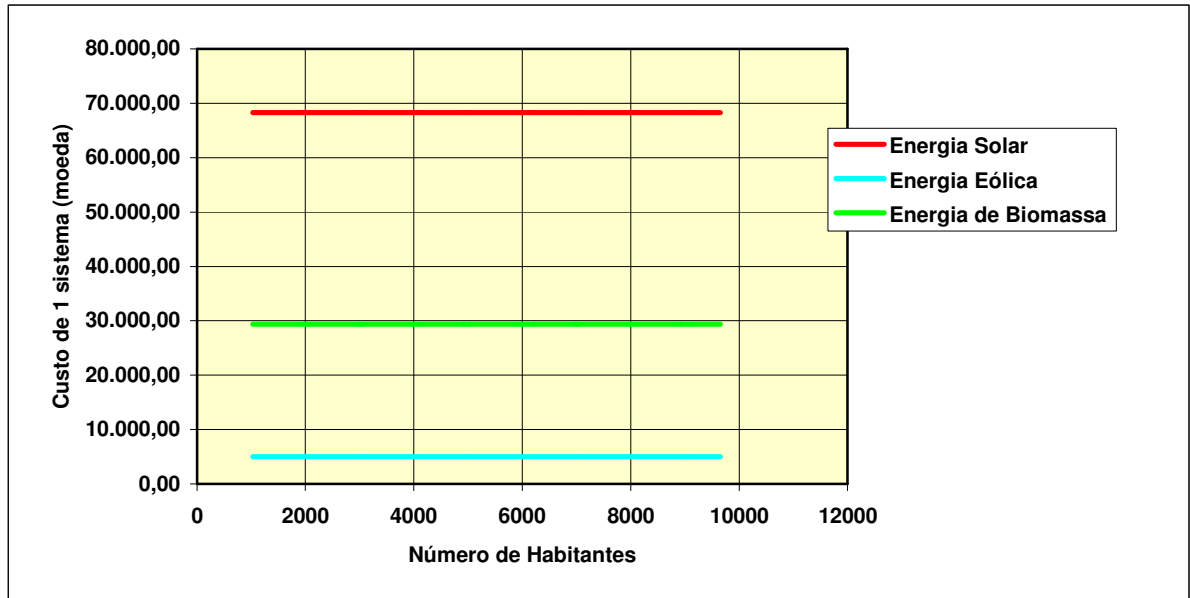


FIGURA 7.6 - Comparação dos custos totais de um sistema, solar, eólico e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes

A comparação entre os índices custo/benefício das energias alternativas são apresentadas na FIG. 7.7, e é observado o mesmo comportamento descrito anteriormente, ou seja, neste caso também o índice custo/benefício da energia solar fotovoltaica é maior que as outras duas (0,98 US\$/kWh), enquanto que os valores para as energias eólicas e de biomassa são: 0,0013 US\$/kWh e 0,09 US\$/kWh, respectivamente. A FIG. 7.8 apresenta o número de sistemas necessários para cada uma das fontes alternativas de energia em função do número de habitantes,

A FIG. 7.9 apresenta a evolução dos custos de um sistema para cada uma das fontes alternativas de energia elencadas neste trabalho, em função do tempo de vida útil de cada uma delas. Verifica-se que os custos do sistema solar fotovoltaico crescem muito no decorrer dos anos, enquanto que nos outros dois casos os aumentos dos custos de componentes são bem menores. Por exemplo,

o custo inicial do empreendimento de biomassa é praticamente o mesmo do que a solar, no entanto, no decorrer do tempo o custo da energia solar aumenta consideravelmente em relação à de biomassa, enquanto que os custos de um sistema eólico se mantêm praticamente constante ao longo do tempo.

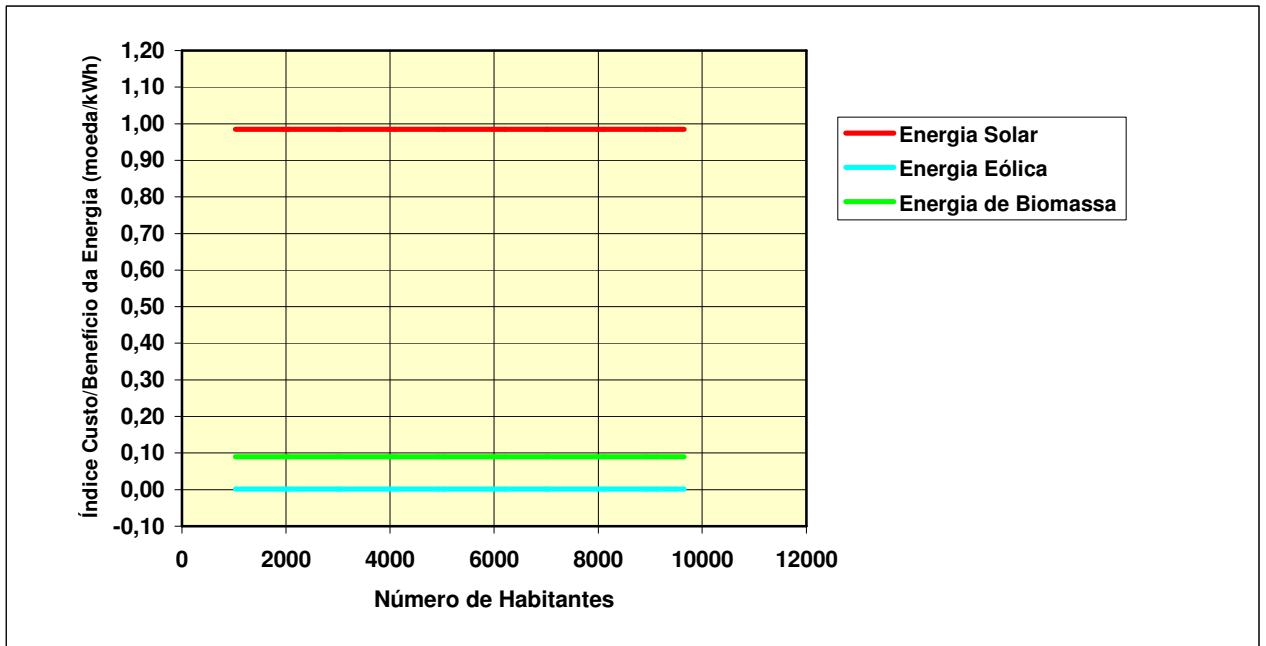


FIGURA 7.7 - Comparação dos custos da energia por kWh entre as energias, solar, eólica e de biomassa, nos tempos de vida correspondentes, em função de número de habitantes

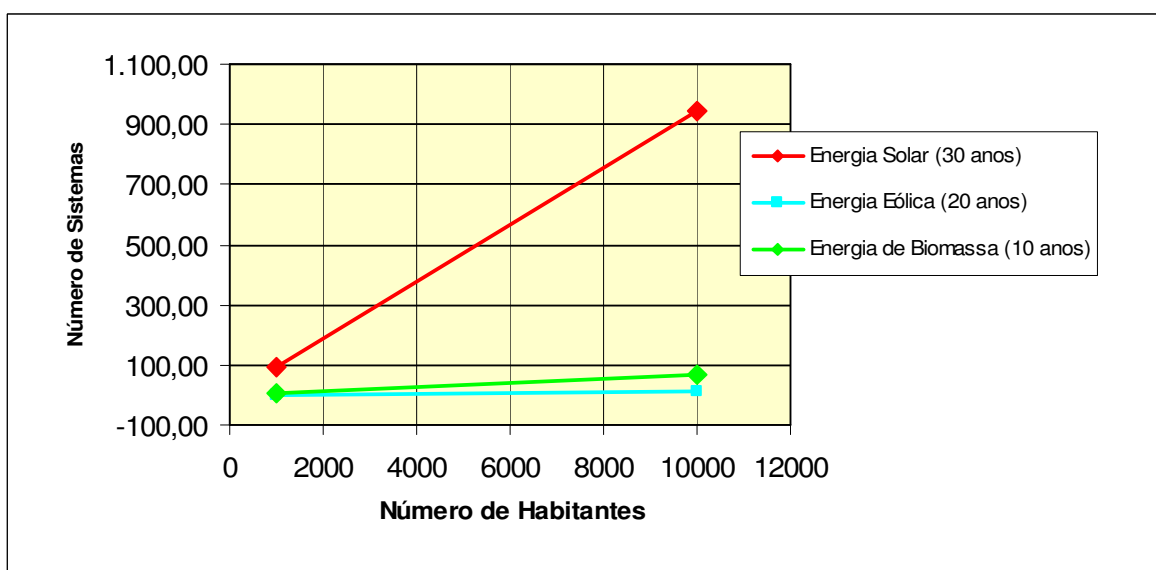


FIGURA 7.8 - Comparação dos números de sistemas, solar, eólico e de biomassa em função do número de habitantes



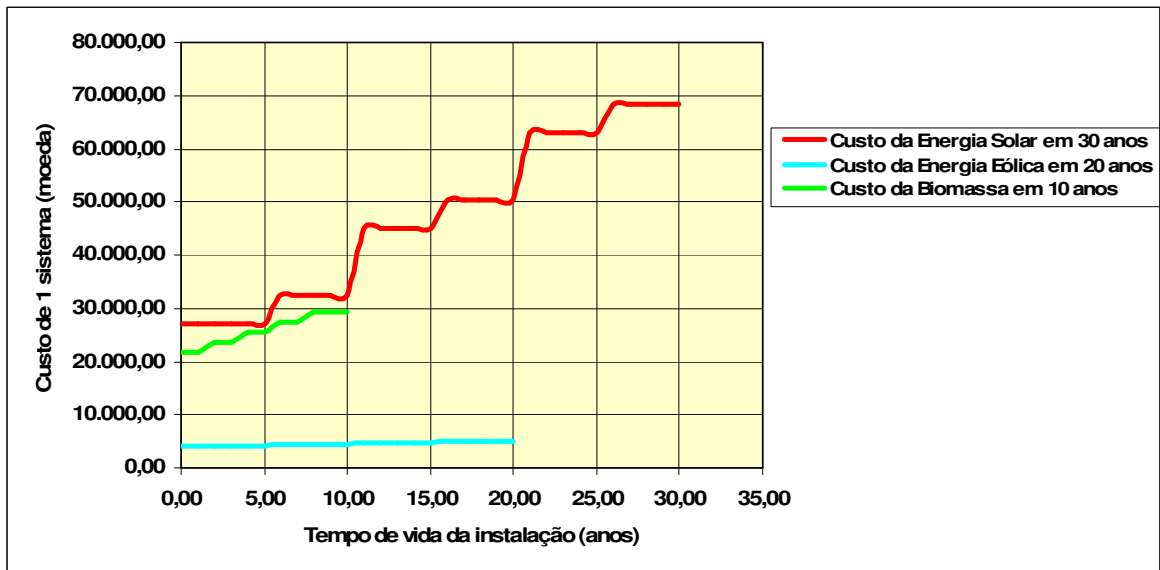


FIGURA 7.9 - Comparação dos custos totais de um sistema, solar, eólico e de biomassa em função do tempo de vida da instalação

As conclusões finais deste trabalho e as propostas de trabalhos futuros estão descritos no capítulo 8 desta dissertação.

## 8. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos do levantamento geográfico, estatístico, econômico e financeiro dos municípios do estado do Maranhão com população entre 1.000 e 10.000 habitantes que não têm acesso à energia elétrica; em conjunto com o estudo das fontes alternativas, solar, eólica e de biomassa, energias estas adequadas para o Nordeste, constata-se que em termos de custo-benefício todas elas atendem aos objetivos propostos no trabalho.

Diante da análise dos resultados obtidos com relação ao índice custo/benefício e o custo total do empreendimento, conclui-se que a fonte de energia eólica é a mais viável, pois estes custos são significativamente mais baixos do que das outras fontes de energia analisadas. Além disso, considera-se também: o longo tempo de vida útil da instalação eólica que é de vinte anos, com a vantagem de ser uma solução em um curto espaço de tempo.

Com relação à fonte de energia de biomassa, os resultados obtidos para o índice custo/benefício e o custo total do empreendimento, também são relativamente baixos. No entanto, a biomassa não é tão atrativa, pois o tempo de vida útil da instalação é 50% menor do que a instalação eólica. Além disso, deve-se considerar também o tempo de plantio e colheita da biomassa a ser utilizado como combustível dos geradores, que torna esta fonte uma alternativa a ser utilizada em médio e longo prazo.

A fonte de energia solar fotovoltaica é a que apresenta o maior índice custo/benefício e também o maior custo total de empreendimento, mas em relação ao tempo de vida útil da instalação é a que tem a maior durabilidade, que é de trinta anos.

Outro ponto importante considerado neste estudo de viabilidade econômica foi o do impacto ambiental. Pode-se concluir que a fonte eólica e de biomassa são ambientalmente mais favoráveis.

A energia solar fotovoltaica, dentro de seu cenário limitado de utilização mostra que seu impacto ambiental não constitui um problema. No entanto, na medida em que houver um crescimento na sua utilização serão necessários procedimentos mais adequados e eficazes com relação às fases de produção dos

módulos e de descomissionamento do sistema, evitando assim riscos ao meio ambiente.

Pode-se concluir finalmente que as fontes eólicas e de biomassa são viáveis para suprir a demanda de energia dos municípios rurais do Maranhão e que sua utilização impulsiona a sustentabilidade e contribui com a diminuição do aquecimento global. Em termos de benefício econômico os habitantes destes municípios terão a sua inclusão social, com conseqüente desenvolvimento da região, contribuindo assim com o ciclo do crescimento econômico do Brasil.

As informações obtidas neste trabalho poderão ser utilizadas no desenvolvimento de projetos futuros e em pesquisas que colaborem com o desenvolvimento energético no país.

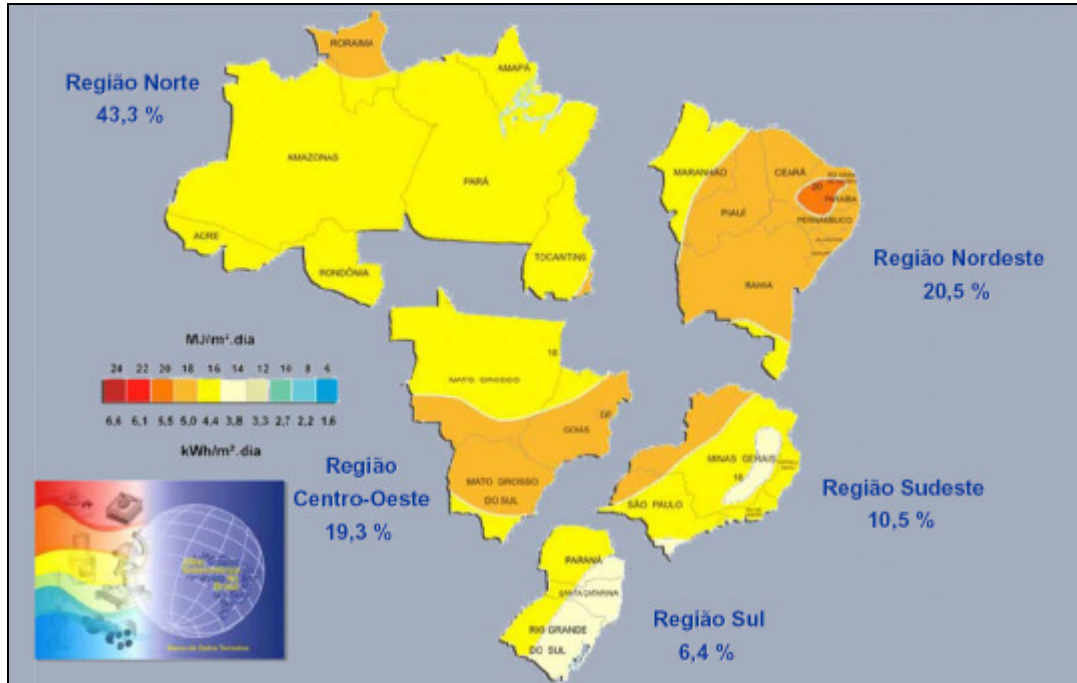
A seguir são apresentadas as seguintes propostas de trabalhos futuro:

- ✚ extensão do programa PEASEB para outras fontes de energia;
- ✚ estudo de sistemas híbridos para os municípios do Maranhão;
- ✚ estudos de custos ambientais para fontes alternativas de energia que foram consideradas neste trabalho;
- ✚ projeção do IDH para os municípios do Maranhão considerando a implantação de energia elétrica na região;
- ✚ elaboração de um projeto utilizando as informações obtidas neste trabalho, com o intuito de colaborar com o Programa Luz para Todos.

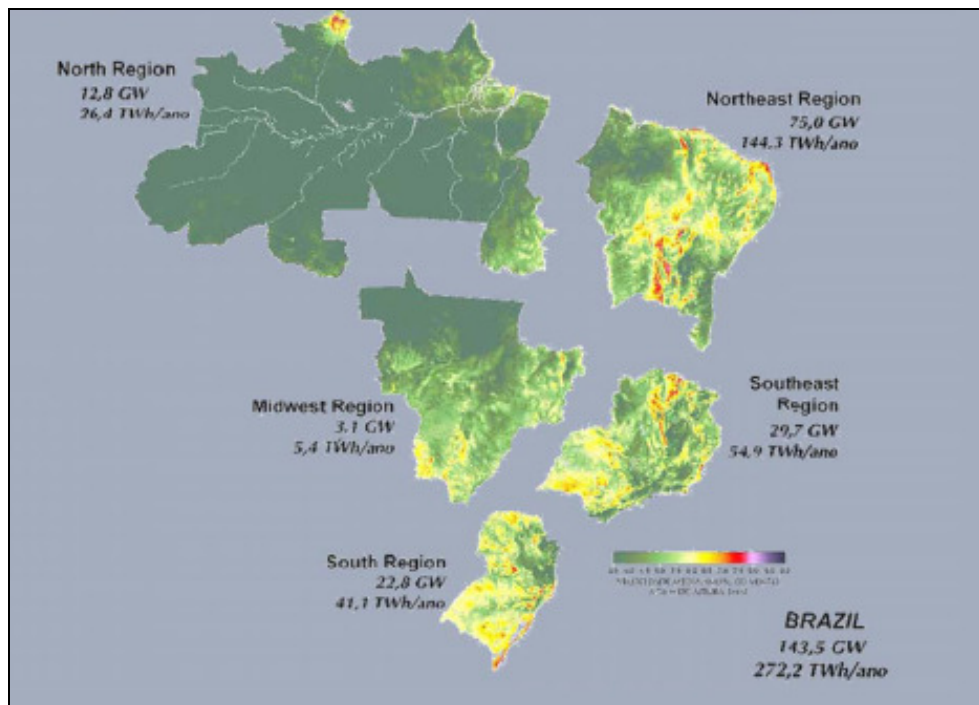
Qualquer informação adicional a respeito do programa de cálculo PEASEB, entre em contato com [sjcvanni@yahoo.com.br](mailto:sjcvanni@yahoo.com.br) ou [gdjian@ipen.br](mailto:gdjian@ipen.br).

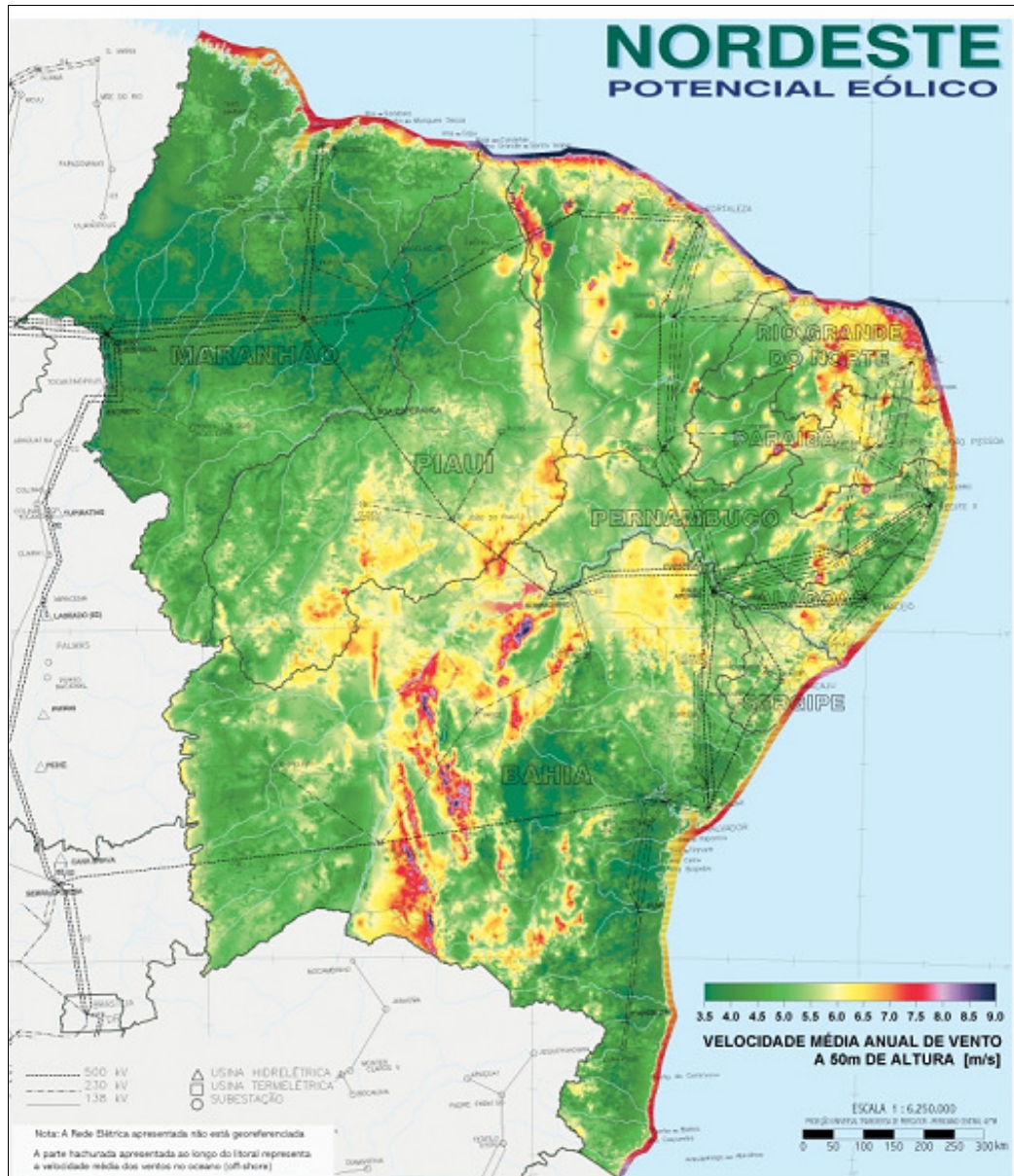
**ANEXO A - Mapas e cartas da região nordeste**

**A.1 Potencial solar por região do Brasil**



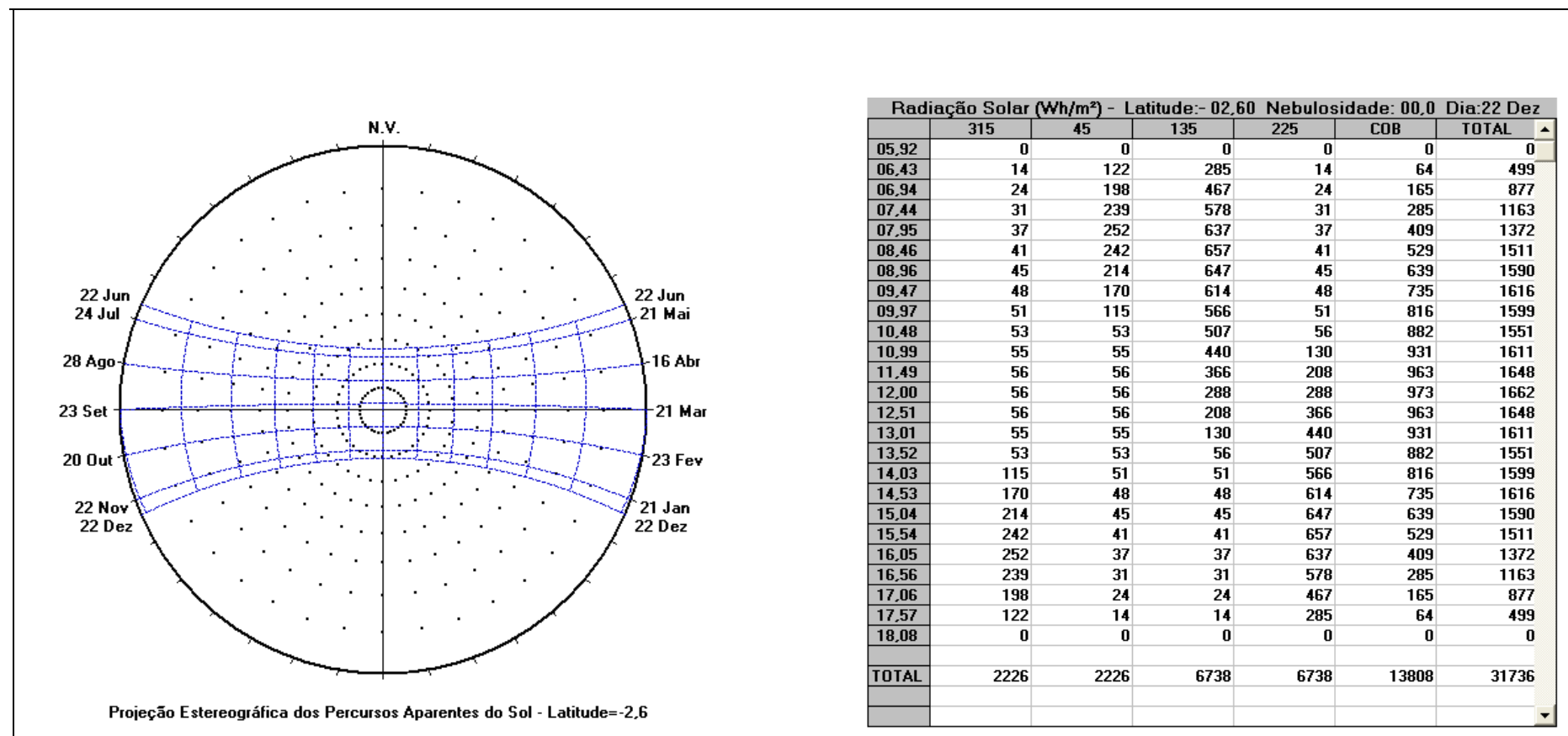
**A.2 Potencial eólico por região do Brasil**





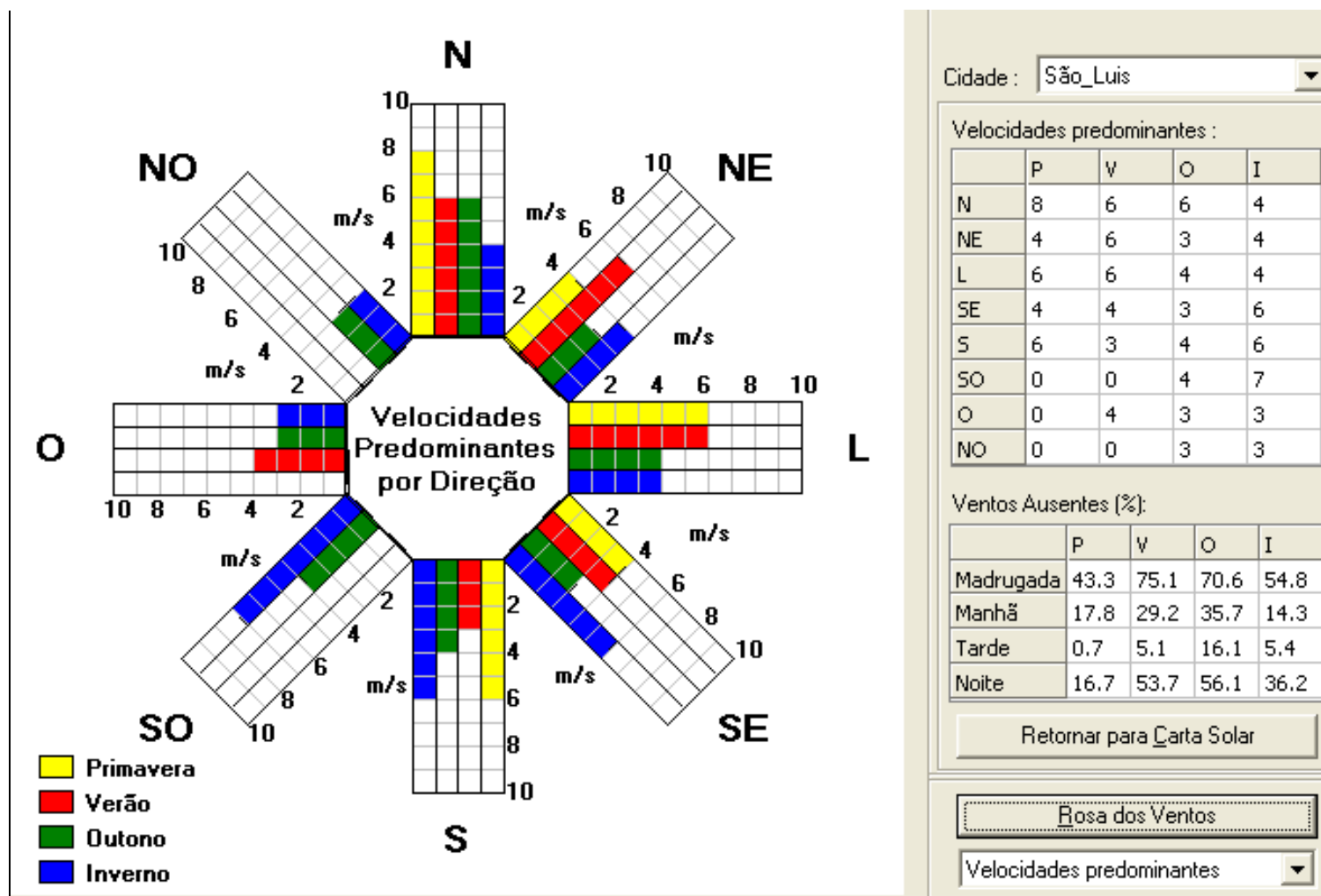
### A.3 Carta solar e rosa dos ventos para o estado do Maranhão (São Luiz)

#### A.3.1 Carta Solar de São Luiz do Maranhão

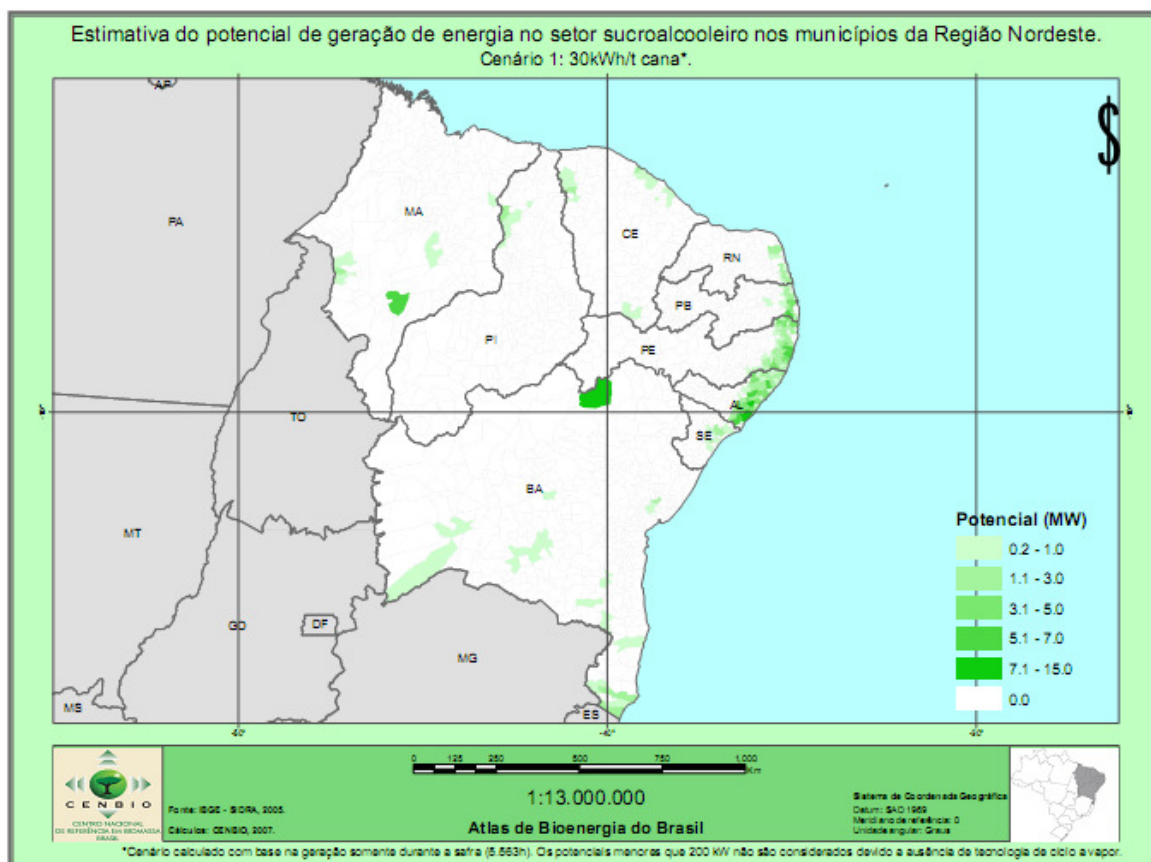


A figura a esquerda mostra a carta solar durante todo ano para a capital do Maranhão, enquanto que a tabela a direita exemplifica a leitura de um dia da correspondente carta solar.

### A.3.2 Rosa dos Ventos de São Luiz do Maranhão



## A.4 Estimativa do potencial de biomassa da região nordeste





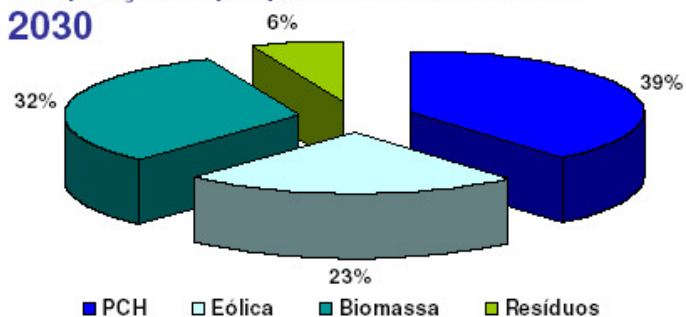
## ANEXO B – Expansão da geração de fontes alternativas no Brasil

### B.1 Capacidade de potência instalada entre 2005 a 2030

Ministério de Minas e Energia

#### Eletricidade: expansão da geração de fontes alternativas

Composição do parque de fontes renováveis  
2030



Unidade: MW

	2005	2015	2020	2025	2030	Acréscimo 2015-2030
Capacidade instalada	663	4.772	8.022	13.222	20.122	<b>15.350</b>
<i>PCH</i>	<i>578</i>	<i>1.769</i>	<i>2.769</i>	<i>4.769</i>	<i>7.769</i>	<i>6.000</i>
<i>Centrais eólicas</i>	<i>29</i>	<i>1.382</i>	<i>2.282</i>	<i>3.482</i>	<i>4.682</i>	<i>3.300</i>
<i>Centrais biomassa</i>	<i>56</i>	<i>1.621</i>	<i>2.771</i>	<i>4.321</i>	<i>6.371</i>	<i>4.750</i>
<i>Centrais resíduos</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>200</i>	<i>650</i>	<i>1.300</i>	<i>1.300</i>
Acréscimo no período		4.109	3.250	5.200	6.900	
<b>Acréscimo médio anual</b>		<b>410</b>	<b>650</b>	<b>1.040</b>	<b>1.380</b>	<b>1.020</b>

Fonte: EPE

## ANEXO C – Fotos por satélite de alguns municípios sem energia elétrica no estado do Maranhão

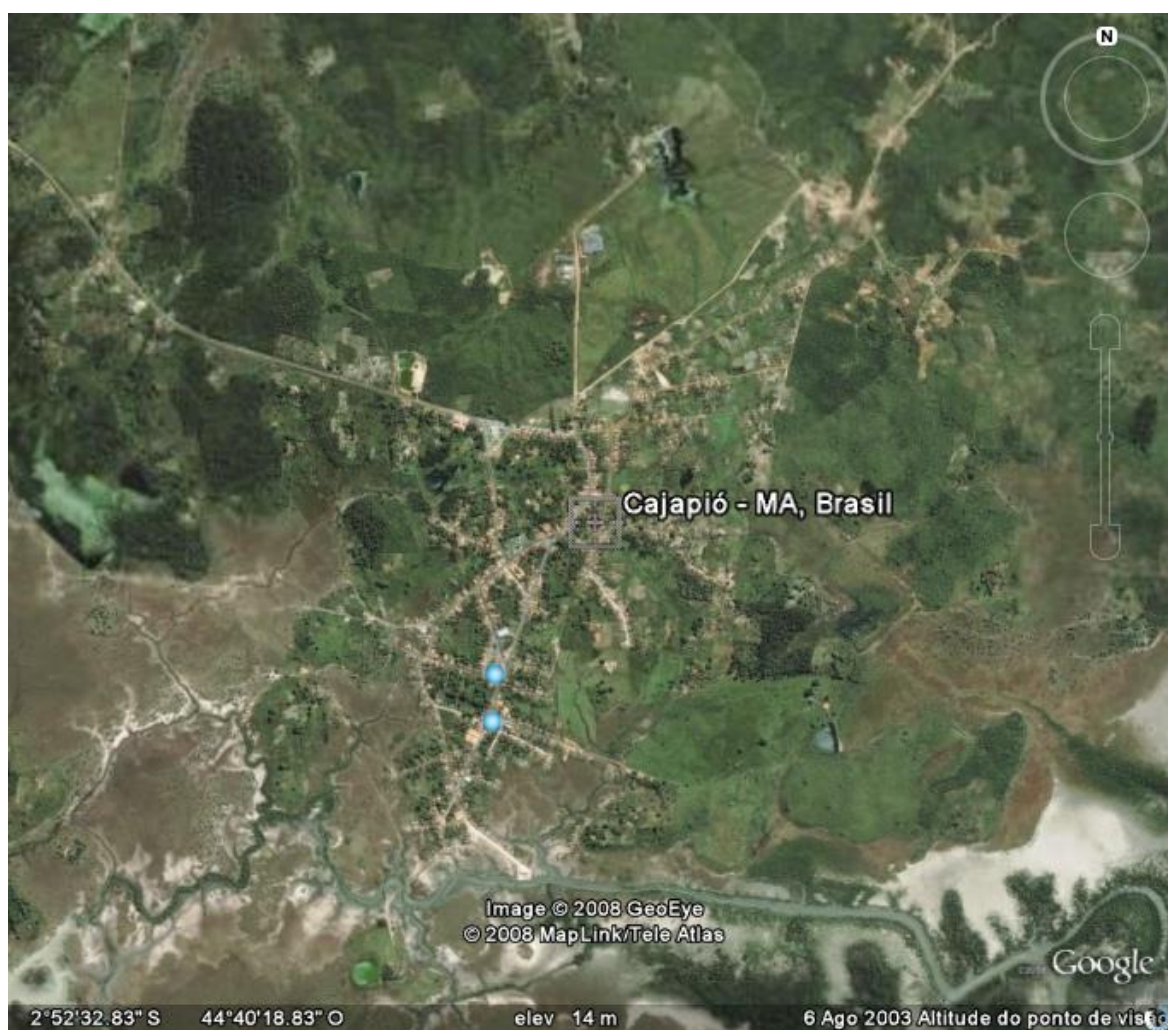
### C.1 Município – Raposa – MA 5.718 habitantes fica a 25 km da capital



---

**C.2 Município – Cajapió – MA 6.769 habitantes a 56 km da capital**

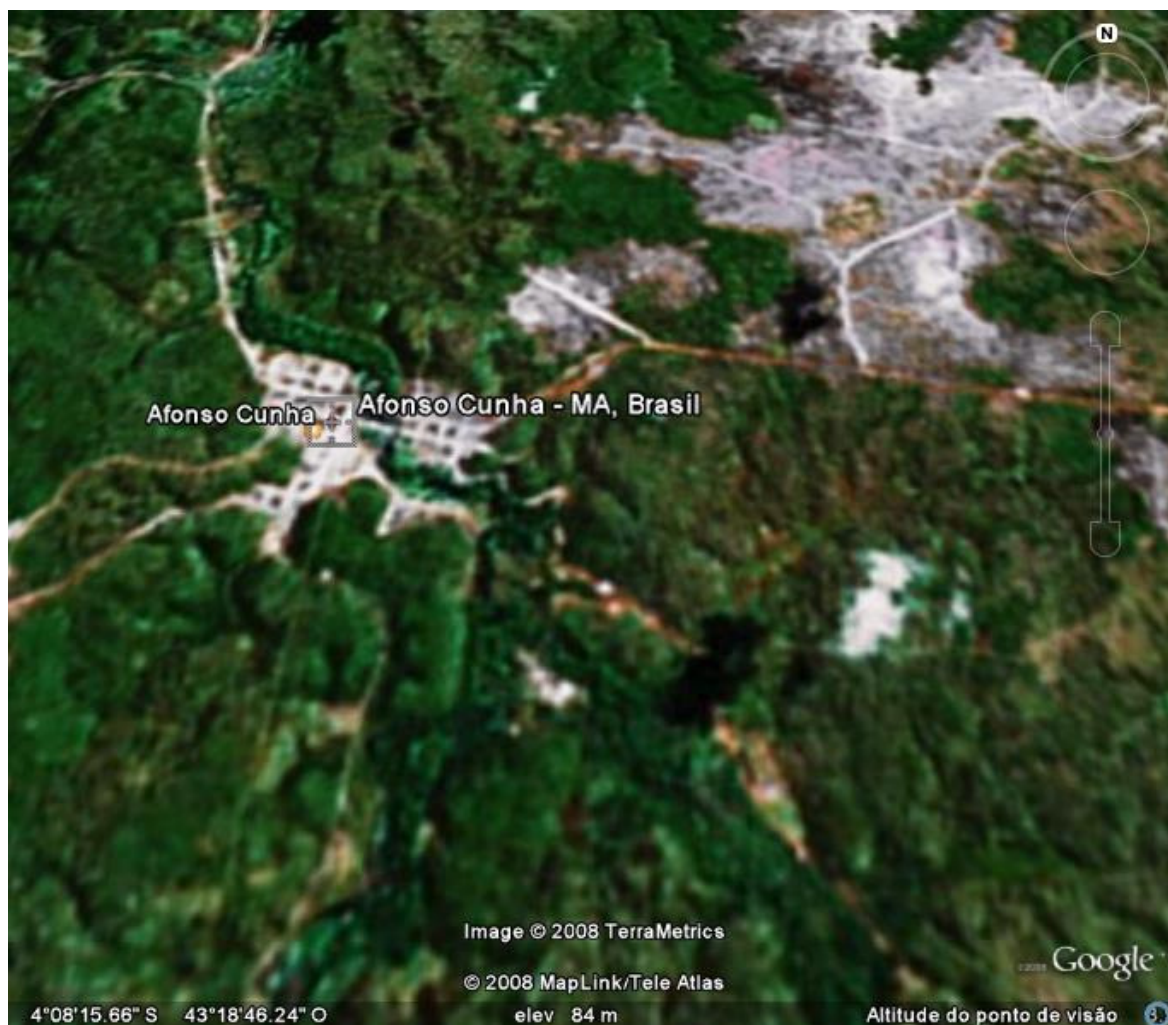
---



---

**C.3 Município – Afonso Cunha – MA 2.425 habitantes a 208 km da capital**

---



---

**C.4 Município – Brejo – MA 8.354 habitantes a 217 km da capital**

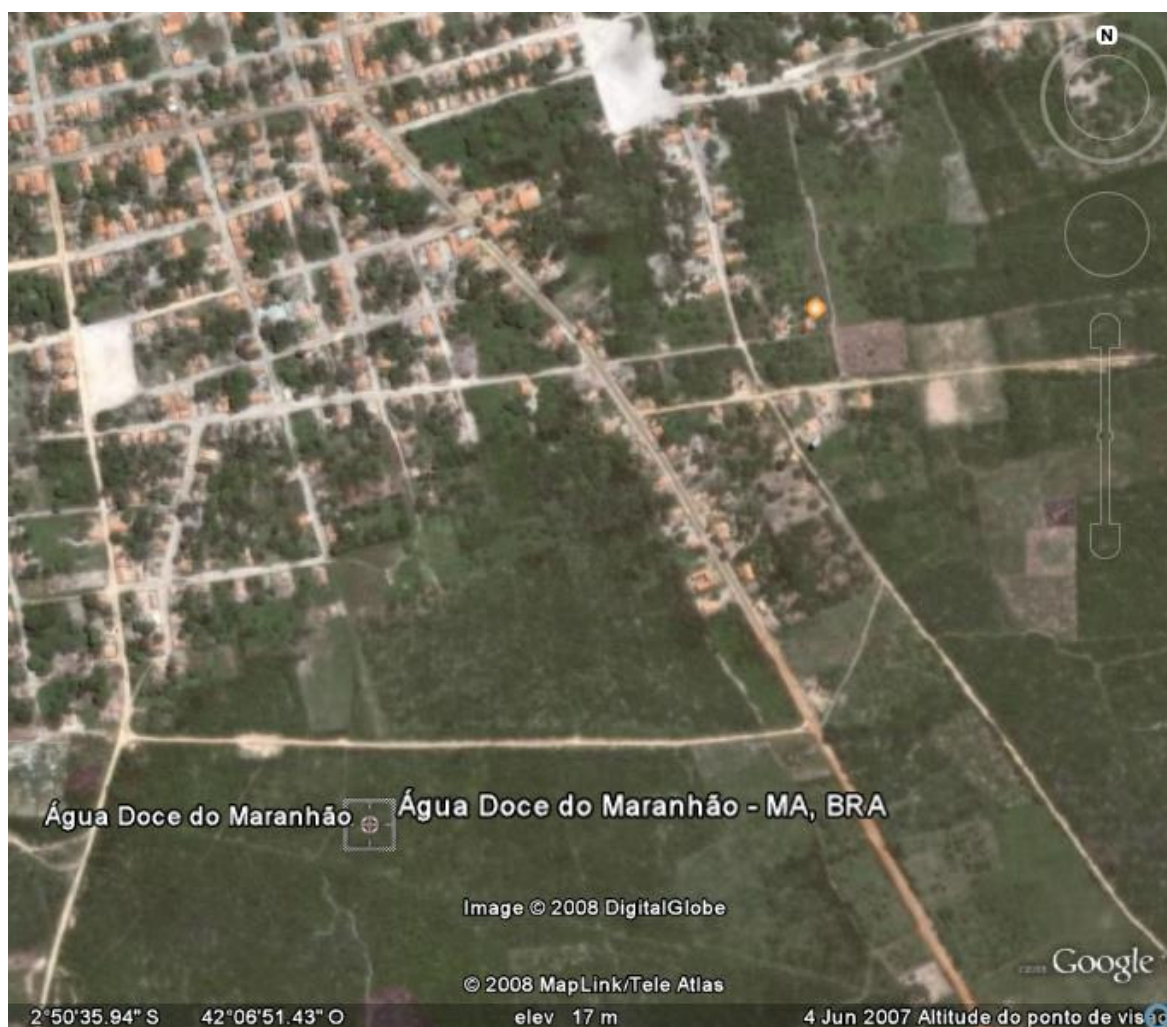
---



---

**C.5 Município – Água Doce – MA 6.956 habitantes a 245 km da capital**

---



---

**C.6 Município – Barão de Grajaú – MA 7.462 habitantes a 490 km da capital**

---



---

**C.7 Município – Parnaíba – MA 4.136 habitantes a 753 km da capital**

---





## **ANEXO D – LEIS E RESOLUÇÕES**

---

### **D.1 CONAMA – Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999**

---

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - Conama, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 e pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990, e conforme o disposto em seu Regimento Interno, e

Considerando os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias usadas;

Considerando a necessidade de se disciplinar o descarte e o gerenciamento ambientalmente adequado de pilhas e baterias usadas, no que tange à coleta, reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final; Considerando que tais resíduos além de continuarem sem destinação adequada e contaminando o ambiente necessitam, por suas especificidades, de procedimentos especiais ou diferenciados, resolve:

Art. 1º. As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletro-eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Parágrafo Único. As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motores diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos no caput deste artigo.

Art. 2º. Para os fins do disposto nesta Resolução, considera-se:

I - bateria: conjunto de pilhas ou acumuladores recarregáveis interligados convenientemente. (NBR 7039/87);

II - pilha: gerador eletroquímico de energia elétrica, mediante conversão geralmente irreversível de energia química. (NBR 7039/87);

III - acumulador chumbo-ácido: acumulador no qual o material ativo das placas positivas é constituído por compostos de chumbo, e os das placas negativas

essencialmente por chumbo, sendo o eletrólito uma solução de ácido sulfúrico. (NBR 7039/87);

IV - acumulador (elétrico): dispositivo eletroquímico constituído de um elemento, eletrólito e caixa, que armazena sob forma de energia química a energia elétrica que lhe seja fornecida e que a restitui quando ligado a um circuito consumidor. (NBR 7039/87);

V - baterias industriais: são consideradas baterias de aplicação industrial, aquelas que se destinam a aplicações estacionárias, tais como telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme e segurança, uso geral industrial e para partidas de motores diesel, ou ainda tracionárias, tais como as utilizadas para movimentação de cargas ou pessoas e carros elétricos;

VI - baterias veiculares: são consideradas baterias de aplicação veicular aquelas utilizadas para partidas de sistemas propulsores e/ou como principal fonte de energia em veículos automotores de locomoção em meio terrestre, aquático e aéreo, inclusive de tratores, equipamentos de construção, cadeiras de roda e assemelhados;

VII - pilhas e baterias portáteis: são consideradas pilhas e baterias portáteis aquelas utilizadas em telefonia, e equipamentos eletro-eletrônicos, tais como jogos, brinquedos, ferramentas elétricas portáteis, informática, lanternas, equipamentos fotográficos, rádios, aparelhos de som, relógios, agendas eletrônicas, barbeadores, instrumentos de medição, de aferição, equipamentos médicos e outros;

VIII - pilhas e baterias de aplicação especial: são consideradas pilhas e baterias de aplicação especial aquelas utilizadas em aplicações específicas de caráter científico, médico ou militar e aquelas que sejam parte integrante de circuitos eletro-eletrônicos para exercer funções que requeiram energia elétrica ininterrupta em caso de fonte de energia primária sofrer alguma falha ou flutuação momentânea.

Art. 3º. Os estabelecimentos que comercializam os produtos descritos no art.1º, bem como a rede de assistência técnica autorizada pelos fabricantes e importadores desses produtos, ficam obrigados a aceitar dos usuários a devolução das unidades usadas, cujas características sejam similares às aquelas comercializadas, com vistas aos procedimentos referidos no art. 1º.

Art. 4º. As pilhas e baterias recebidas na forma do artigo anterior serão acondicionadas adequadamente e armazenadas de forma segregada, obedecidas às normas ambientais e de saúde pública pertinente, bem como as recomendações definidas pelos fabricantes ou importadores, até o seu repasse a estes últimos.

Art. 5º. A partir de 1º de janeiro de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I - com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II - com até 0,025% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

III - com até 0,400% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

IV - com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo pilhas miniaturas e botão.

Art. 6º. A partir de 1º de janeiro de 2001, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

I - com até 0,010% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;

II - com até 0,015% em peso de cádmio, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês;

III - com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem dos tipos alcalina-manganês e zinco-manganês.

Art. 7º. Os fabricantes dos produtos abrangidos por esta Resolução deverão conduzir estudos para substituir as substâncias tóxicas potencialmente perigosas neles contidas ou reduzir o teor das mesmas, até os valores mais baixos viáveis tecnologicamente.

Art. 8º. Ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas e baterias usadas de quaisquer tipos ou características:

I - lançamento "*in natura*" a céu aberto, tanto em áreas urbanas como rurais;

II - queimam a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;

III - lançamento em corpos d'água, praias, manguezais, terrenos baldios, poços ou cacimbas, cavidades subterrâneas, em redes de drenagem de águas pluviais, esgotos, eletricidade ou telefone, mesmo que abandonadas, ou em áreas sujeitas à inundação.

Art. 9º. No prazo de um ano a partir da data de vigência desta resolução, nas matérias publicitárias, e nas embalagens ou produtos descritos no art. 1º deverão constar, de forma visível, as advertências sobre os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, bem como a necessidade de, após seu uso, serem devolvidos aos revendedores ou à rede de assistência técnica autorizada para repasse aos fabricantes ou importadores.

Art. 10. Os fabricantes devem proceder gestões no sentido de que a incorporação de pilhas e baterias, em determinados aparelhos, somente seja efetivada na condição de poderem ser facilmente substituídas pelos consumidores após sua utilização, possibilitando o seu descarte independentemente dos aparelhos.

Art. 11. Os fabricantes, os importadores, a rede autorizada de assistência técnica e os comerciantes de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de doze meses contados a partir da vigência desta resolução, implantar os mecanismos operacionais para a coleta, transporte e armazenamento.

Art. 12. Os fabricantes e os importadores de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de vinte e quatro meses, contados a partir da vigência desta Resolução, implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, obedecida a legislação em vigor.

Art. 13. As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no artigo 6º poderão ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados.

Parágrafo Único. Os fabricantes e importadores deverão identificar os produtos descritos no caput deste artigo, mediante a aposição nas embalagens e, quando couber, nos produtos, de símbolo que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados.

Art. 14. A reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final das pilhas e baterias abrangidas por esta resolução, realizadas diretamente pelo fabricante ou por terceiros, deverão ser processadas de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente no que tange ao manuseio dos resíduos pelos seres humanos, filtragem do ar, tratamento de efluentes e cuidados com o solo, observadas as normas ambientais, especialmente no que se refere ao licenciamento da atividade.

Parágrafo Único. Na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias descritas no art. 1º, a destinação final por destruição térmica deverá obedecer as condições técnicas previstas na NBR - 11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama nº 03, de 28 de junho de 1990.

Art. 15. Compete aos órgãos integrantes do SISNAMA, dentro do limite de suas competências, a fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta resolução.

Art. 16. O não cumprimento das obrigações previstas nesta Resolução sujeitará os infratores às penalidades previstas nas Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Art. 17. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
91	Cajari	Vamar Ver	Pavada											
92	Cajari	Camaputiva	Pavada											
93	Cajari	Bela Vista - Cajari	Pavada											
94	Cajari	Cajarizinha	Pavada											
95	Cajari	Macaraca	Pavada											
96	Campestre do Maranhão					2.930	615	527,98	64.868	0,528	0,633			
97	Campestre do Maranhão	Cabeceira Grande	Pavada											
98	Cândido Mendes					7.410	1.732	197,83	27.259	0,495	0,584			
99	Cândido Mendes	Ertandarte	Pavada											
100	Cândido Mendes	Barão de Tramoy, Santa Isabel	Pavada											
101	Cândido Mendes	Bom Jesus - Cândido Mendor	Pavada											
102	Cândido Mendes	Barreira Vermelha	Pavada											
103	Cândido Mendes	Soto Volta	Pavada											
104	Cândido Mendes	São Benedita - Cândido Mendor	Pavada											
105	Cândido Mendes	Gata	Pavada											
106	Cândido Mendes	Bacuri Tarta	Pavada											
107	Cantanhede					9.187	798	122,84	27.247	0,448	0,522			
108	Cantanhede	Santa TeresafBarranca	Pavada											
109	Cantanhede	Vídua/Bacabeira	Pavada											
110	Cantanhede	Bacuri das Píras	Pavada											
111	Carolina					9.629	6.442	638,45	56.712	0,58	0,658			
112	Carolina	Cana Brava II	Pavada											
113	Carutapera					5.503	1.256	241,59	23.658	0,509	0,571			
114	Carutapera	Vila Nova	Pavada											
115	Carutapera	Manaur da Boira	Pavada											
116	Carutapera	Pimenta (Pimentinha)	Pavada											
117	Carutapera	Arapiranga	Pavada											
118	Carutapera	Timbatiu	Pavada											
119	Cedral					7.817	262	64,32	9.981	0,561	0,619			
120	Cedral	Outeira	Pavada											
121	Cedral	Pericava	Pavada											
122	Cedral	Bom Jardim - Cedral	Pavada											
123	Cedral	Uru	Pavada											
124	Cedral	Santaninha	Pavada											
125	Cedral	São João - Cedral	Pavada											
126	Cedral	Anajá - Cedral	Pavada											
127	Cedral	Canavial	Pavada											
128	Cedral	Ratira - Cedral	Pavada											
129	Cedral	Jaquarequara	Pavada											
130	Cedral	Outeira II	Pavada											
131	Central do Maranhão					3.878	366	68,73	7.581	0,468	0,591			
132	Central do Maranhão	Abelardo Ribeiro	Pavada											
133	Central do Maranhão	Bela Vista "Manto Carreira"	Pavada											
134	Central do Maranhão	Manto Carreira	Pavada											
135	Central do Maranhão	Manto Carlar "Manto Carreira"	Pavada											
136	Centro do Guilherme					2.751	1.074	189,46	13.321	0,393	0,484			
137	Centro do Guilherme	Cedral	Pavada											
138	Cidelândia					7.193	1.464	484,83	39.024	0,495	0,613			







	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
228	Guimarães	São José das Pratas	Povoada											
229	Guimarães	Genipapa "Breja"	Povoada											
230	Igarapé do Meio					5.930	393	162,19	15.809	0,407	0,54			
231	Igarapé do Meio	Beira da Campa	Povoada			5.930	393	162,19	15.809	0,407	0,54			
232	Igarapé Grande					3.715	374	236,35	17.225	0,517	0,602			
233	Igarapé Grande	Alta de São Francisco	Povoada											
234	Igarapé Grande	São Raimunda - Igarapé Grande	Povoada											
235	Igarapé Grande	Mucamba - Igarapé Grande	Povoada											
236	Jatobá					2.994	387	365,35	11.648	0,442	0,617	21.221,482	19.696	631.817
237	Jatobá	Chapadão	Povoada											
238	Jenipapo dos Vieiras					7.942	1.507	348,55	24.814	0,419	0,516			
239	Jenipapo dos Vieiras	Gaviãozinho	Povoada											
240	Jenipapo dos Vieiras	Jurati	Povoada											
241	João Lisboa					9.291	1.127	472,27	47.091	0,507	0,63			
242	João Lisboa	Capenga D'Água	Povoada											
243	Junco do Maranhão					2.938	539	212,77	9.226	0,446	0,56			
244	Junco do Maranhão	Santa Antonia - Junco do Maranhão	Povoada											
245	Junco do Maranhão	Sadrelândia	Povoada											
246	Lago do Junco					6.993	309	223,79	16.234	0,497	0,566	49.566,407	46.004	1.500,781
247	Lago do Junco	Baixão	Povoada											
248	Lago do Junco	Mocóiba - Lago do Junco	Povoada											
249	Lago do Junco	Endress	Povoada											
250	Lago dos Rodrigues					3.963	195	228,45	17.193	0,486	0,575	28.089,757	26.071	850,507
251	Lago dos Rodrigues	Bas Virto das Guaribas	Povoada											
252	Lago Verde					8.325	460	168,69	24.168	0,447	0,533			
253	Lago Verde	Sapucaia II	Povoada											
254	Lago Verde	Florência	Povoada											
255	Lago Verde	Centro da Duda	Povoada											
256	Lago Verde	Limoeira - Lago Verde	Povoada											
257	Lagoa Grande do Maranhão					5.607	734	278,07	18.519	0,366	0,432			
258	Lagoa Grande do Maranhão	Ciera	Povoada											
259	Lima Campos					4.621	322	221,87	12.475	0,522	0,581			
260	Lima Campos	Santa Antonia das Sardinhas	Povoada											
261	Lima Campos	Sítio Nova	Povoada											
262	Lima Campos	Prata	Povoada											
263	Luís Domingues					1.031	467	223,75	8.420	0,553	0,632	7.307,731	6.782	221,265
264	Luís Domingues	Bom Partar	Povoada											
265	Maracaçumé					2.175	629	191,66	21.475	0,516	0,613			
266	Maracaçumé	Projeto Carula Reviver	Povoada											
267	Marajá do Sena					6.436	824	269,84	19.406	0,389	0,519			
268	Marajá do Sena	Sunabrã/Aqatorra	Povoada											
269	Marajá do Sena	Angica "Lagoa das Veadas"	Povoada											
270	Marajá do Sena	Lagoa do Dentra "Lagoa das Veadas"	Povoada											
271	Marajá do Sena	Jenipapa "Lagoa das Veadas"	Povoada											
272	Marajá do Sena	Lagoa das Veadas	Povoada											
273	Marajá do Sena	Três Palmeiras	Povoada											
274	Maranhãozinho					3.331	956	172,60	11.771	0,43	0,529			











## APÊNDICE B – Parte da Programação em VBA do Programa PEASEB

### Programação em VBA do Cálculo da Viabilidade Econômica da Energia Solar Fotovoltaica

```
Private Sub bat_Change()
Dim bat As Double
End Sub
```

```
Private Sub cee_Change()
Dim cee As Integer
End Sub
```

```
Private Sub fc_Change()
Dim fc As Double
End Sub
```

```
Private Sub edia_Change()
Dim edia As Double
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim valor As Double
valor = ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))
MsgBox " Custo de 1 sistema Energia Solar " & valor & " moeda"
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()
Dim ct As Double
ct = w * (((((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / 1000) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x) / 1000)) * ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24)))
MsgBox " Custo total do Empreendimento da Energia Solar " & ct & " moeda em" & x & " anos."
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()
Dim consumo As Double
```



```

consumo = (cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x
MsgBox "(" & consumo & " kWh em " & x & " anos."
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton5_Click()
Dim presolar As Double
presolar = (w * (((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x))) * ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))) / ((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x)
MsgBox " Custo da Energia Solar " & presolar & " moeda/kWh"
End Sub

```

```

Private Sub CommandButton6_Click()
Dim nsist As Double
nsist = ((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / ((pico * fc * h * area * edia * 365) * x)
MsgBox " Número de Sistemas de Energia Solar " & nsist & " em " & x & " anos."
End Sub

```

```

Private Sub grafcomp_Click()

```

```

Dim ul As Long
ul = Worksheets("grafcomp").Range("A65536").End(xlUp).Row + 1
With Worksheets("grafcomp")

```

```

.Cells(ul, 1).Value = np.Value
.Cells(ul, 2).Value = w * (((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / 1000) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x) / 1000) * ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))
.Cells(ul, 3).Value = ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))
.Cells(ul, 4).Value = (w * (((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x))) * ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))) / ((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x)
.Cells.Columns.AutoFit
End With
End Sub

```

```

Private Sub contro_Change()
Dim contro As Double
End Sub

```

```
Private Sub area_Change()
Dim area As Double
End Sub
```

```
Private Sub custoambiental_Change()
Dim custoambiental As Double
End Sub
```

```
Function w() As Double
w = (100 + custoambiental) / 100
End Function
```

```
Private Sub grafsolar_Click()
Dim ul As Long
ul = Worksheets("grafsolar").Range("A65536").End(xlUp).Row + 1
With Worksheets("grafsolar")
.Cells(ul, 1).Value = np.Value
.Cells(ul, 2).Value = w * (((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / 1000) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x) / 1000)) * ((paine1 * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))
.Cells(ul, 3).Value = ((paine1 * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))
.Cells(ul, 4).Value = (w * (((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x))) * ((paine1 * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) * inv) + ((x / y) * bat * 24))) / ((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x)
.Cells.Columns.AutoFit
End With
End Sub
```

```
Private Sub h_Change()
Dim h As Double
End Sub
```

```
Private Sub inv_Change()
Dim inv As Double
End Sub
```

```

Private Sub np_Change()
Dim np As Integer
End Sub
Private Sub nf_Change()
Dim nf As Integer
nf = np / 5
End Sub

Private Sub ok_Click()
Dim ul As Long
ul = Worksheets("tabela").Range("A65536").End(xlUp).Row + 1
With Worksheets("tabela")
.Cells(ul, 1).Value = "CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR"
.Cells(ul, 1).Interior.ColorIndex = 26
.Cells(ul + 1, 1).Value = "Consumo de Energia Elétrica kWh"
.Cells(ul + 1, 1).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 1, 2).Value = "Número de pessoas"
.Cells(ul + 1, 2).Interior.ColorIndex = 40
.Cells(ul + 1, 3).Value = "Consumo Mensal"
.Cells(ul + 1, 3).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 1, 4).Value = "Consumo Anual"
.Cells(ul + 1, 4).Interior.ColorIndex = 40
.Cells(ul + 1, 3).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 1, 5).Value = "anos"
.Cells(ul + 1, 5).Interior.ColorIndex = 40
.Cells(ul + 1, 6).Value = "Consumo Previsto"
.Cells(ul + 1, 6).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 2, 1).Value = cee.Value
.Cells(ul + 2, 2).Value = np.Value
.Cells(ul + 2, 3).Value = (cee.Value) * ((np.Value) / 5)
.Cells(ul + 2, 4).Value = (cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12
.Cells(ul + 2, 5).Value = x
.Cells(ul + 2, 6).Value = (cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x
.Cells.Columns.AutoFit
End With
End Sub

```

```
Private Sub painel_Change()
Dim painel As Double
End Sub
```

```
Private Sub pee_Click()
Dim pee As Double
Dim peeano As Double
Dim peetotal As Double
Dim mwh As Double
pee = pico * fc * h * edia * area
peeano = pee * 365
peetotal = peeano * x
mwh = peetotal / 1000
MsgBox "A energia útil produzida em um dia é: " & pee & " kWh"
MsgBox "A energia útil produzida em um ano é: " & peeano & " kWh"
MsgBox "A energia útil total produzida em " & x & " anos é: " & peetotal & " kWh"
MsgBox " A energia útil total produzida por 1 sistema é: " & mwh & " MWh"
End Sub
```

```
Private Sub pico_Change()
Dim pico As Double
End Sub
```

```
Private Sub tabela_Click()
```

```
Dim ul As Long
ul = Worksheets("tabela").Range("A65536").End(xlUp).Row + 1
With Worksheets("tabela")
```

```
.Cells(ul + 1, 1).Value = "pico"
.Cells(ul + 1, 1).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 1, 2).Value = "insolação média"
.Cells(ul + 1, 2).Interior.ColorIndex = 40
.Cells(ul + 1, 3).Value = "fator de capacidade solar"
.Cells(ul + 1, 3).Interior.ColorIndex = 35
```

.Cells(ul + 1, 4).Value = "área das placas"  
 .Cells(ul + 1, 4).Interior.ColorIndex = 35

.Cells(ul + 2, 1).Value = pico  
 .Cells(ul + 2, 2).Value = h.Value  
 .Cells(ul + 2, 3).Value = fc  
 .Cells(ul + 2, 4).Value = area

.Cells(ul + 3, 1).Value = "Energia Produzida em 1 dia (kWh)"  
 .Cells(ul + 3, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 3, 2).Value = pico \* fc \* h \* edia \* area

.Cells(ul + 4, 1).Value = "Energia Produzida em 1 ano (kWh)"  
 .Cells(ul + 4, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 4, 2).Value = pico \* fc \* h \* edia \* area \* 365

.Cells(ul + 5, 1).Value = "Energia Produzida em " & x & " anos (kWh)"  
 .Cells(ul + 5, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 5, 2).Value = (pico \* fc \* h \* edia \* area \* 365) \* x

.Cells(ul + 6, 1).Value = "Energia Produzida em MWh"  
 .Cells(ul + 6, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 6, 2).Value = ((pico \* fc \* h \* edia \* area \* 365) \* x) / 1000

.Cells(ul + 7, 1).Value = "Número de Sistemas"  
 .Cells(ul + 7, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 7, 2).Value = ((cee.Value) \* ((np.Value) / 5) \* 12 \* x) / ((pico \* fc \* h \* edia \* area \* 365) \* x)

.Cells(ul + 8, 1).Value = "Custo Total de 1 sistema em " & x & " anos (moeda)"  
 .Cells(ul + 8, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 8, 2).Value = ((painel \* 44) + ((x / z) \* contro) + ((x / z) \* inv) + ((x / y) \* bat \* 24))

.Cells(ul + 9, 1).Value = "Custo do empreendimento em " & x & " anos (moeda)"  
 .Cells(ul + 9, 1).Interior.ColorIndex = 35  
 .Cells(ul + 9, 2).Value = w \* (((((cee.Value) \* ((np.Value) / 5) \* 12 \* x) / 1000) / (((pico \* fc \* h \* edia \* area \* 365) \* x) / 1000)) \* ((painel \* 44) + ((x / z) \* contro) + ((x / z) \* inv) + ((x / y) \* bat \* 24)))

```
.Cells(ul + 10, 1).Value = " Custo da Energia Solar (moeda/kWh) "
.Cells(ul + 10, 1).Interior.ColorIndex = 35
.Cells(ul + 10, 2).Value = (w * (((((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x)) / (((pico * fc * h * edia * area * 365) * x))) * ((painel * 44) + ((x / z) * contro) + ((x / z) *
inv) + ((x / y) * bat * 24)))) / ((cee.Value) * ((np.Value) / 5) * 12 * x))
.Cells.Columns.AutoFit
End With
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_initialize()
cee.AddItem "100"
np.AddItem "1000"
np.AddItem "10000"
pico.AddItem "1,98"
pico.AddItem "1,0"
h.AddItem "4,4"
h.AddItem "1,0"
fc.AddItem "0,8"
fc.AddItem "1,0"
edia.AddItem "1,0"
painel.AddItem "325,00"
contro.AddItem "312,50"
inv.AddItem "7187,50"
bat.AddItem "218,75"
area.AddItem "1,00"
custoambiental.AddItem "10"
End Sub
```

### APÊNDICE C – Planilha gerada pelo PEASEB para os municípios escolhidos do Maranhão

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO		Luis Domingues				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	1.031	20.620	247.440	30	7.423.200	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	97					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	7.307.731					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO		Nova Iorque				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	1.946	38.920	467.040	30	14.011.200	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	184					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	13.793.254					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO		Davinópolis				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	2.044	40.880	490.560	30	14.716.800	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	193					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	14.487.879					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO		Jatobá				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	2.994	59.880	718.560	30	21.556.800	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	282					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	21.221.482					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					



<b>CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR</b>		<b>MUNICÍPIO</b> Santa Filomena do Maranhão									
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	3.044	Consumo Mensal	60.880	Consumo Anual	730.560	anos	30	Consumo Previsto	21.916.800

pico	1,98	insolação média	4,4	fator de capacidade solar	0,8	área das placas	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)							7
Energia Produzida em 1 ano (kWh)							2.544
Energia Produzida em 30 anos (kWh)							76.317
Energia Produzida em MWh							76
Número de Sistemas							287
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)							68.300
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)							21.575.882
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)							1

<b>CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR</b>		<b>MUNICÍPIO</b> Lago dos Rodrigues									
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	3.963	Consumo Mensal	79.260	Consumo Anual	951.120	anos	30	Consumo Previsto	28.533.600

pico	1,98	insolação média	4,4	fator de capacidade solar	0,8	área das placas	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)							7
Energia Produzida em 1 ano (kWh)							2.544
Energia Produzida em 30 anos (kWh)							76.317
Energia Produzida em MWh							76
Número de Sistemas							374
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)							68.300
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)							28.089.757
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)							1

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Fernando Falcão						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	4.092	81.840	982.080	30	29.462.400	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	386					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	29.004.110					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Nina Rodrigues						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	4.926	98.520	1.182.240	30	35.467.200	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	465					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	34.915.504					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
		MUNICÍPIO	Paraibano			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	5.027	100.540	1.206.480	30	36.194.400
pico		insolação média	fator de capacidade solar	área das placas		
1,98		4,4	0,8	1,00		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			7			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			2.544			
Energia Produzida em 30 anos (kWh)			76.317			
Energia Produzida em MWh			76			
Número de Sistemas			474			
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)			68.300			
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)			35.631.393			
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)			1			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
		MUNICÍPIO	Altamira do Maranhão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	5.971	119.420	1.433.040	30	42.991.200
pico		insolação média	fator de capacidade solar	área das placas		
1,98		4,4	0,8	1,00		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			7			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			2.544			
Energia Produzida em 30 anos (kWh)			76.317			
Energia Produzida em MWh			76			
Número de Sistemas			563			
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)			68.300			
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)			42.322.468			
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)			1			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
		MUNICÍPIO	Serrano do Maranhão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.202	124.040	1.488.480	30	44.654.400
pico		insolação média	fator de capacidade solar	área das placas		
1,98		4,4	0,8	1,00		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			7			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			2.544			
Energia Produzida em 30 anos (kWh)			76.317			
Energia Produzida em MWh			76			
Número de Sistemas			585			
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)			68.300			
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)			43.959.797			
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)			1			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
		MUNICÍPIO	Lago do Junco			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.993	139.860	1.678.320	30	50.349.600
pico		insolação média	fator de capacidade solar	área das placas		
1,98		4,4	0,8	1,00		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			7			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			2.544			
Energia Produzida em 30 anos (kWh)			76.317			
Energia Produzida em MWh			76			
Número de Sistemas			660			
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)			68.300			
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)			49.566.407			
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)			1			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR		MUNICÍPIO	Governador Edison Lobão			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	7.024	140.480	1.685.760	30	50.572.800

pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas
1,98	4,4	0,8	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		7	
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		2.544	
Energia Produzida em 30 anos (kWh)		76.317	
Energia Produzida em MWh		76	
Número de Sistemas		663	
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)		68.300	
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)		49.786.135	
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)		1	

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR		MUNICÍPIO	Presidente Juscelino			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	7.978	159.560	1.914.720	30	57.441.600

pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas
1,98	4,4	0,8	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		7	
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		2.544	
Energia Produzida em 30 anos (kWh)		76.317	
Energia Produzida em MWh		76	
Número de Sistemas		753	
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)		68.300	
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)		56.548.090	
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)		1	

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Pedreiras						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	8.096	161.920	1.943.040	30	58.291.200	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	764					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	57.384.475					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Santo Antonio dos Lopes						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	8.916	178.320	2.139.840	30	64.195.200	
pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas			
1,98	4,4	0,8	1,00			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317					
Energia Produzida em MWh	76					
Número de Sistemas	841					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	63.196.638					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1					

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Governador Newton Bello						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	9.126	182.520	2.190.240	30	65.707.200	

pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas
1,98	4,4	0,8	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7		
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544		
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317		
Energia Produzida em MWh	76		
Número de Sistemas	861		
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300		
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	64.685.118		
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1		

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA SOLAR						
MUNICÍPIO Cajari						
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	9.652	193.040	2.316.480	30	69.494.400	

pico	insolação média	fator de capacidade solar	área das placas
1,98	4,4	0,8	1,00
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	7		
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	2.544		
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	76.317		
Energia Produzida em MWh	76		
Número de Sistemas	911		
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	68.300		
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	68.413.408		
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1		

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Luis Domingues			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	1.031	20.620	247.440	20	4.948.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			1			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			6.782			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Nova lorque			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	1.946	38.920	467.040	20	9.340.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			2			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			12.802			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			



CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO Davinópolis				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	2.044	40.880	490.560	20	9.811.200	
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica				
1,0	1,15	1,0				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	552					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	201.480					
Energia Produzida em 20 anos (kWh)	4.029.600					
Energia Produzida em MWh	4.030					
Número de Sistemas	2					
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)	5.021					
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"	13.447					
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)	0,001370531					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO Jatobá				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	2.994	59.880	718.560	20	14.371.200	
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica				
1,0	1,15	1,0				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	552					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	201.480					
Energia Produzida em 20 anos (kWh)	4.029.600					
Energia Produzida em MWh	4.030					
Número de Sistemas	4					
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)	5.021					
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"	19.696					
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)	0,001370531					

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA		MUNICÍPIO	Santa Filomena do Maranhão			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
		3.044	60.880	730.560	20	14.611.200
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			4			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			20.025			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA		MUNICÍPIO	Lago dos Rodrigues			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
		3.963	79.260	951.120	20	19.022.400
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			5			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			26.071			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Fernando Falcão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	4.092	81.840	982.080	20	19.641.600
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			5			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			26.919			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Nina Rodrigues			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	4.926	98.520	1.182.240	20	23.644.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			6			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			32.406			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Paraibano			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	5.027	100.540	1.206.480	20	24.129.600
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		552				
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		201.480				
Energia Produzida em 20 anos (kWh)		4.029.600				
Energia Produzida em MWh		4.030				
Número de Sistemas		6				
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)		5.021				
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"		33.070				
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)		0,001370531				
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Altamira do Maranhão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	5.971	119.420	1.433.040	20	28.660.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		552				
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		201.480				
Energia Produzida em 20 anos (kWh)		4.029.600				
Energia Produzida em MWh		4.030				
Número de Sistemas		7				
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)		5.021				
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"		39.281				
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)		0,001370531				

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Serrano do Maranhão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.202	124.040	1.488.480	20	29.769.600
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			7			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			40.800			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Lago do Junco			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.993	139.860	1.678.320	20	33.566.400
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			8			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			46.004			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA		MUNICÍPIO	Governador Edison Lobão			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
		7.024	140.480	1.685.760	20	33.715.200
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			8			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			46.208			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA		MUNICÍPIO	Presidente Juscelino			
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
		7.978	159.560	1.914.720	20	38.294.400
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			10			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			52.484			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Pedreiras			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	8.096	161.920	1.943.040	20	38.860.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			10			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			53.260			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
		MUNICÍPIO	Santo Antonio dos Lopes			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	8.916	178.320	2.139.840	20	42.796.800
potência		diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica			
1,0		1,15	1,0			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			552			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			201.480			
Energia Produzida em 20 anos (kWh)			4.029.600			
Energia Produzida em MWh			4.030			
Número de Sistemas			11			
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)			5.021			
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"			58.654			
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)			0,001370531			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
MUNICÍPIO		Governador Newton Bello				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	9.126	182.520	2.190.240	20	43.804.800	
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica				
1,0	1,15	1,0				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	552					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	201.480					
Energia Produzida em 20 anos (kWh)	4.029.600					
Energia Produzida em MWh	4.030					
Número de Sistemas	11					
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)	5.021					
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"	60.036					
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)	0,001370531					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA ENERGIA EÓLICA						
MUNICÍPIO		Cajari				
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
100	9.652	193.040	2.316.480	20	46.329.600	
potência	diâmetro das hélices	fator de capacidade eólica				
1,0	1,15	1,0				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	552					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	201.480					
Energia Produzida em 20 anos (kWh)	4.029.600					
Energia Produzida em MWh	4.030					
Número de Sistemas	11					
Custo Total de 1 sistema em 20 anos (moeda)	5.021					
Custo do empreendimento em 20 anos (moeda)"	63.496					
Custo da Energia Eólica (moeda/kWh)	0,001370531					



CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Luis Domingues			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	1.031	20.620	247.440	10	2.474.400

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		7
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		221.265
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Nova lorque			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	1.946	38.920	467.040	10	4.670.400

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		13
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		417.635
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Davinópolis		
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	Consumo Previsto
100	2.044	40.880	490.560	10 anos 4.905.600

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		14
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		438.667
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Jatobá		
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	Consumo Previsto
100	2.944	58.880	706.560	10 anos 7.065.600

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		20
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		631.817
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Santa Filomena do Maranhão						
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	3.044	Consumo Mensal	60.880	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	7.305.600
						730.560	10		
potência		fator de carga		fator de perdas					
15,0		1,1		0,25					
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99						
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135						
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350						
Energia Produzida em MWh			361						
Número de Sistemas			20						
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375						
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			653.279						
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613						
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Lago dos Rodrigues						
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	3.963	Consumo Mensal	79.260	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	9.511.200
						951.120	10		
potência		fator de carga		fator de perdas					
15,0		1,1		0,25					
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99						
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135						
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350						
Energia Produzida em MWh			361						
Número de Sistemas			26						
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375						
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			850.507						
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613						

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Fernando Falcão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	4.092	81.840	982.080	10	9.820.800
potência		fator de carga		fator de perdas		
15,0		1,1		0,25		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350			
Energia Produzida em MWh			361			
Número de Sistemas			27			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			878.192			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Nina Rodrigues			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	4.926	98.520	1.182.240	10	11.822.400
potência		fator de carga		fator de perdas		
15,0		1,1		0,25		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350			
Energia Produzida em MWh			361			
Número de Sistemas			33			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			1.057.178			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Paraibano	
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	5.027	100.540	1.206.480	10	12.064.800
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		33			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.078.854			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Altamira do Maranhão	
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	5.971	119.420	1.433.040	10	14.330.400
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		40			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.281.447			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Serrano do Maranhão		
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.202	124.040	1.488.480	10	14.884.800

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		41
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.331.023
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Lago do Junco		
Consumo de Energia Elétrica kWh	100	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
	100	6.993	139.860	1.678.320	10	16.783.200

potência	fator de carga	fator de perdas
15,0	1,1	0,25
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350
Energia Produzida em MWh		361
Número de Sistemas		46
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.500.781
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Governador Edson Lobão			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100		7.024	140.480	1.685.760	10	16.857.600
potência		fator de carga		fator de perdas		
15,0		1,1		0,25		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350			
Energia Produzida em MWh			361			
Número de Sistemas			47			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			1.507.434			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO	Presidente Juscelino			
Consumo de Energia Elétrica kWh		Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100		7.978	159.560	1.914.720	10	19.147.200
potência		fator de carga		fator de perdas		
15,0		1,1		0,25		
Energia Produzida em 1 dia (kWh)			99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)			36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)			361.350			
Energia Produzida em MWh			361			
Número de Sistemas			53			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)			29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)			1.712.174			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)			0,089421613			

CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Pedreiras			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	8.096	161.920	1.943.040	10	19.430.400
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		54			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.737.498			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO Santo Antonio dos Lopes			
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	8.916	178.320	2.139.840	10	21.398.400
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		59			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.913.479			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			



CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Governador Newton Bello	
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	9.126	182.520	2.190.240	10	21.902.400
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		61			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		1.958.548			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA DA BIOMASSA		MUNICÍPIO		Cajari	
Consumo de Energia Elétrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto
100	9.652	193.040	2.316.480	10	23.164.800
potência	fator de carga	fator de perdas			
15,0	1,1	0,25			
Energia Produzida em 1 dia (kWh)		99			
Energia Produzida em 1 ano (kWh)		36.135			
Energia Produzida em 10 anos (kWh)		361.350			
Energia Produzida em MWh		361			
Número de Sistemas		64			
Custo Total de 1 sistema em 10 anos(moeda)		29.375			
Custo do empreendimento em 10 anos (moeda)		2.071.434			
Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)		0,089421613			

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2008.
- [2] Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2008.
- [3] SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, - Opção para uma política energética Sustentável no Brasil, Espaço Cultural da Câmara dos Deputados, Brasília DF, 18-20 junho de 2002.
- [4] Projeto Luz para Todos. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programs>>. Acesso em: 20 out. 2007.
- [5] Programa PROINFA e Luz para Todos. Disponível em: <<http://www.ministeriominaseenergia.gov.br>>. Acesso em: 11 set. 2007.
- [6] Centrais Elétricas Brasileiras. Disponível em: <<http://www.eletrobrás.gov.br>>. Acesso em: 20 maio 2008.
- [7] Programa de Aceleração do Crescimento. Disponível em: <<http://www.Brasil.gov.br/pac/>>. Acesso em: 15 mar. 2008.
- [8] ROCHA, P.G.; LIMA, M. A.Q.; JÚNIOR, A.B.M.; BEZERRA, P.; BITTENCOURT, R. **Avaliação econômico-financeira de projeto de central eólica na Região Nordeste**. Brasília: VIII Seminário de Planejamento Econômico-Financeiro do Setor Elétrico, Outubro de 2000.
- [9] CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; COSTA, V. S.; SANTOS, E. A. A.; MILLEO, E. P.; RIVABEM, J. C.; BAQUI, M. M.; H. **Gerador eólico de baixo custo para comunidades remotas**. In: ECOTECNOLÓGICA. Ecotecnológica: CITPAR - Centro de Integração de Tecnologia do Paraná, v. 1, 2003, Curitiba.
- [10] SILVA, ALCYR; PAVINATTO, EDUARDO. Informativo do centro de referência em energia solar e eólica Sálvio Brito - CRESESB nº 9, nov 2004. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 10 mar. 2008.
- [11] LIMA, MARIANGELA O. Informativo do centro de referência em energia solar e eólica Sálvio Brito CRESESB, nº 11 dez.2006. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 10 mar. 2008.
- [12] FONTOURA, F.P. **A qualidade do fornecimento de energia elétrica por meio dos sistemas fotovoltaicos no processo de universalização do atendimento na Bahia**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Salvador, Bahia.
- [13] TRIGOSO, F.B.M. **Demanda de energia elétrica e desenvolvimento socioeconômico: O caso das comunidades rurais eletrificadas com**

- sistemas fotovoltaicos.** 2004. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo
- [14] SHAYANI, R.A.; OLIVEIRA, M.A.G.; CAMARGO, I.M.T. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais.** VCBPE CONGRESSO BRASILEIRO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIA, 13 maio - 02 jun., 2006, Brasília, DF.
- [15] VIEIRA, Marta. Informativo do centro de referência em energia solar e eólica Sálvio Brito CRESESB, nº 2 dez. 1996.  
Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 10 mar. 2008.
- [16] RODRIGUES, L.D.; SILVA, I.T., ROCHA, B.R.P.; SILVA, I.M.O. **Uso de briquetes compostos para produção de energia no estado do Pará.** Iniciação Científica do CNPq da Universidade do Pará, 2002.
- [17] NOGUEIRA, LUIZ A. H.; SANTOS, A.H.M. **Pequenas Centrais Termelétricas: uma análise técnica e econômica**, VIII Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica, São Paulo 1986.
- [18] PIMENTEL, VALÉRIA S. B. Óleo *in natura* de dendê para comunidades isoladas, jun. 2008. Disponível em: <[www.biodieselbr.com](http://www.biodieselbr.com)> Acesso em: 30 jun. 2008.
- [19] BLASQUES, LUIS C. M.; TUPIASSÚ, ÁLVARO F.; PINHO, JOÃO T. **Análise econômica de tecnologias para eletrificação de uma pequena comunidade isolada da Amazônia**, Grupo de Estudo de Produção Térmica e Fontes Não Convencionais – GPT, XVIII Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica, Curitiba 2005.
- [20] SUANI T. C.; VELÁSQUES, SILVIA M. S. G. **Geração de energia elétrica para comunidades isoladas da região Amazônica a partir de sistemas de gaseificação de biomassa**, I Congresso Internacional de Bioenergia, Campo Grande, MS out. 2004.
- [21] Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 257, de 30 de junho de 1999.
- [22] TOLMASQUIM, MAURÍCIO T. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro, ed. Interciência, 2003.
- [23] Centro de referência em energia solar e eólica Sálvio Brito – CRESESB. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso em 20 fev. 2008.
- [24] Instituto Superior de Engenharia e Ciências do Mar – ISECMAR Wind Project. Disponível em: <<http://www.isecmarwind.com>> Acesso em: 12 abr. 2008.
- [25] MARTINS, OSVALDO S. **Aproveitamento da biomassa para geração de energia elétrica**, I Seminário sobre utilização de energias renováveis para eletrificação rural do Norte e Nordeste do Brasil, Brasília 2004.

- [26] LEI nº 10.438 de 26 de abril de 2002. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa).
- [27] LEI nº 10.762 de 11 de novembro de 2003. Revisão à LEI nº 10.428, Assegurando um maior número de estados no programa (Proinfa).
- [28] Empresa de pesquisa energética – EPE. Disponível em : <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)> Acesso em: dez. 2007.
- [29] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 09 maio 2008.
- [30] Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD). Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programs>>. Acesso em: 20 fev. 2008.
- [31] Eletronorte Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. Disponível em: <<http://www.eletronorte.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- [32] Companhia Energética do Maranhão. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br/cemar>>. Acesso em: 05 out. 2007.
- [33] Atlas do Desenvolvimento Humano. Disponível em: <<http://www.fip.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- [34] Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- [35] Atlas de Energia Elétrica. Disponível em: <[http://ww3.aneel.gov.br/Atlas/Atlas\\_2edicão](http://ww3.aneel.gov.br/Atlas/Atlas_2edicão)>. Acesso em: 15 out. 2007.
- [36] Cidade do Maranhão e Municípios. Disponível em: <<http://www.ma.gov.br>>. Acesso em: 15 out. 2007.
- [37] RIBEIRO, A. **Como fazer projetos de viabilidade** econômica – Manual de elaboração. Ed. Defanti, Cuiabá-MT, 2006.
- [38] Ministério da Fazenda. Secretária do Tesouro Nacional. Receitas públicas: **Manual de procedimentos aplicado à União, Estados, Distrito Federal e Municípios**. 3 ed. Brasília, 2006.
- [39] LYN, SQUIRE; HERMAN G. **Análise Econômica de Projetos**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.. Tradução de José Ricardo Brandão Azevedo, Rio de Janeiro, 1979.
- [40] LEI FEDERAL nº 6938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação. Publicada no Diário Oficial da União em 02 de setembro de 1981.
- [41] LEI FEDERAL nº 7804 de 18 de julho de 1989. Altera a LEI nº 6938 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação.

- [42] Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e do Recursos Naturais Renováveis – IBAMA – Disponível em: <[www.ibama.gov.br](http://www.ibama.gov.br)>, Acesso: jan.2008.
- [43] ORTEGA, E. **Engenharia Ecológica e Agricultura Sustentável**. UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2003.
- [44] MOURA, L. A. A. **Economia ambiental – gestão de custos e investimento**, São Paulo, 2. ed., Editora Juarez de Oliveira, 2003.
- [45] JELEN, B.; SYRSTAD, T. **Macros em VBA (Visual Basic for Application) para Microsoft Excel**, Rio de Janeiro, R.J., Ed. Elsevier, 2004
- [46] Aguiar, W. M. **O uso de fontes alternativas de energia como fator de desenvolvimento social para seguimentos marginalizados da sociedade**. 2004 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- [47] Laboratório de Fontes Alternativas de Energia (LFA) – Departamento de Engenharia Elétrica (ENE) Universidade de Brasília – UnB. Disponível em: <[www.gsep.ene.unb.br](http://www.gsep.ene.unb.br)> Acesso em: jan.2008
- [48] Kyocera Solar do Brasil. Disponível em: <[www.kyocerasolar.com.br](http://www.kyocerasolar.com.br)> Acesso em: dez.2007.
- [49] Enersud Ind. e Soluções Energéticas Ltda. São Gonçalo – RJ – Disponível em: <[www.enersud.com.br](http://www.enersud.com.br)> Acesso em: jul. 2008.
- [50] Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO – **Panorama do potencial de biomassa do Brasil**, Instituto de Eletrotécnica e Energia – IEE – USP –São Paulo 2006.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)