

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE FONTES ALTERNATIVAS DE
ENERGIA CONSIDERANDO SEUS CUSTOS AMBIENTAIS PARA PEQUENAS
COMUNIDADES DA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA**

LUIZA CHOURKALO STECHER

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

Orientadora:

Dra. Gaianê Sabundjian

São Paulo

2014

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Tatiana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, José e Tatiana, pelo amor a mim dedicado, pela confiança e pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

À minha querida orientadora, Dra. Gaianê Sabundjian, por sua ajuda na concretização de um sonho, por sua orientação dedicada e atenciosa, pela confiança, paciência, compreensão e ensinamentos durante o desenvolvimento deste trabalho.

À Prof. Dra. Martha Marques Ferreira Vieira, por seu apoio.

Ao Prof. Dr. Roberto Zilles e à Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho, do Instituto de Energia e Meio Ambiente da USP, e à Prof. Dra. Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas, da Escola Politécnica da USP, por suas importantes contribuições para o desenvolvimento dessa pesquisa

A todos os amigos do Centro de Engenharia Nuclear (CEN) que estiveram ao meu lado durante o desenvolvimento desse trabalho, pelo companheirismo, apoio, incentivo e por tantos momentos de alegria.

Aos amigos do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

Aos amigos que me acompanharam e apoiaram em tantos momentos durante o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares e à Universidade de São Paulo.

À Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho, meus sinceros agradecimentos.

CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA CONSIDERANDO SEUS CUSTOS AMBIENTAIS PARA PEQUENAS COMUNIDADES DA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA

Luiza Chourkalo Stecher

RESUMO

A atual problemática ambiental provocada pela atividade humana tem ganhado destaque na sociedade, à medida que se busca o desenvolvimento mundial. Um fator de extrema relevância neste cenário é a produção de energia elétrica, responsável por uma grande parcela das emissões causadoras do efeito estufa. Por conta disso, é preciso pensar em um desenvolvimento sustentável, com fontes alternativas de energia atrativas para esse objetivo, principalmente em localidades não abastecidas pela rede convencional de eletricidade, como é o caso de muitas comunidades da região nordeste brasileira. Assim, esse trabalho tem por objetivos calcular o custo ambiental, na fase de geração de eletricidade, para as fontes alternativas de energia solar, eólica e biomassa e estimar a viabilidade econômica dessas fontes em pequenas comunidades da região Nordeste do Brasil, considerando os custos evitados. É preciso identificar as externalidades e valorá-las de forma adequada para que os custos ou benefícios possam ser internalizados e reflitam de forma correta a viabilidade ou inviabilidade econômica dessas fontes. Para os objetivos propostos, adotou-se o método dos custos evitados para o cálculo das externalidades. Essa variável foi incluída no equacionamento desenvolvido para todas as fontes de energia alternativas consideradas. Foram feitos os cálculos de viabilidade econômica, considerando as novas configurações adotadas, sendo que o novo equacionamento foi reprogramado no Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas, Solar, Eólica e Biomassa (PEASEB). Os resultados demonstraram que a fonte mais viável e amplamente aplicável em pequenas comunidades da região nordeste brasileira é a energia solar fotovoltaica em sistemas isolados.

CALCULATION OF ECONOMIC VIABILITY OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES CONSIDERING ITS ENVIRONMENTAL COSTS FOR SMALL COMMUNITIES OF NORTHEAST BRAZIL

Luiza Chourkalo Stecher

ABSTRACT

There has been an increasing concern about current environmental issues caused by human activity, as the world searches for development. The production of electricity is an extremely relevant factor in this scenario since it is responsible for a large portion of the emissions that cause the greenhouse effect. Due to this fact, a sustainable development with alternative energy sources, which are attractive for such purpose, must be proposed, especially in places that are not supplied by the conventional electricity grid such as many communities in the Northeast Brazil. This work aims to calculate the environmental cost for the alternative sources of energy – solar, wind and biomass – during electricity generation, and to estimate the economic feasibility of those sources in small communities of Northeast Brazil, considering the avoided costs. The externalities must be properly identified and valued so the costs or benefits can be internalized and reflect accurately the economic feasibility or infeasibility of those sources. For this, the method of avoided costs was adopted for the calculation of externalities. This variable was included in the equation developed for all considered alternative energy sources. The calculations of economic feasibility were performed taking the new configurations in consideration, and the new equation was reprogrammed in the *Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas, Solar, Eólica e Biomassa* (PEASEB). The results demonstrated that the solar photovoltaic energy in isolated systems is the most feasible and broadly applicable source for small communities of Northeast Brazil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	O Nordeste brasileiro.....	5
1.2	Objetivos.....	9
1.3	Motivação do trabalho	9
1.4	Capítulos	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3	ECONOMIA E MEIO-AMBIENTE.....	18
3.1	A economia e o meio ambiente: origens e o início dos debates	18
3.2	Relação entre atividade econômica e meio ambiente	19
3.3	A Economia Ambiental	20
3.3.1	Classificação dos danos ambientais de acordo com a sua origem, fonte e extensão.	21
3.3.2	Fundamentos da Economia Ambiental.....	22
3.3.2.1	Critério de Pareto.....	22
3.3.2.2	Externalidades.....	23
3.3.2.3	Taxa Pigouviana.....	23
3.3.2.4	Teorema de Coase.....	24
3.4	Os bens públicos	25
3.5	A economia do bem-estar e sua ligação com o a Economia Ambiental ..	26
3.6	A importância da valoração ambiental.....	26
4	METODOLOGIA PARA OS CÁLCULOS DOS CUSTOS AMBIENTAIS..	29
4.1	A valoração econômica dos recursos ambientais (VERA).....	29
4.2	Metodologia para a obtenção do VERA e dos custos ambientais das fontes alternativas de energia	31
4.3	Análise das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE).....	32
4.4	O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e sua contribuição para a análise dos custos ambientais	33
5	METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	36
5.1	Definições gerais para os sistemas	36
5.2	Energia solar fotovoltaica	38

5.2.1	A energia solar no Brasil.....	39
5.2.2	A energia solar no Nordeste brasileiro	40
5.2.3	Viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica considerando seus custos ambientais	40
5.2.3.1	Equações e cálculos para as minirredes.....	41
5.2.3.2	Equações e cálculos para sistemas isolados	46
6	METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A BIOMASSA.....	49
6.1	Biomassa.....	49
6.1.1	A biomassa no Brasil.....	50
6.1.2	A biomassa no Nordeste do Brasil	51
6.1.3	Viabilidade econômica da biomassa considerando seus custos ambientais	53
6.1.3.1	Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa de Resíduos Agrícolas	57
6.1.3.2	Cálculo de Viabilidade Econômica da Biomassa de Dendê	65
7	METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A ENERGIA EÓLICA	72
7.1	Energia Eólica.....	72
7.1.1	A energia eólica no Brasil.....	75
7.1.2	Viabilidade econômica da energia eólica considerando seus custos ambientais.....	78
8	O PROGRAMA PEASEB	85
8.1	O programa PEASEB/v2	85
8.1.1	Energia solar fotovoltaica no PEASEB/v2	87
8.1.2	A energia da Biomassa no PEASEB/v2.....	90
8.1.3	Energia Eólica no PEASEB/v2	92
8.2	Resumo do PEASEB/v2	93
9	RESULTADOS E DISCUSSÕES	95
10	CONCLUSÕES	105
	APÊNDICE A – BANCO DE DADOS DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO NORDESTE COM ATÉ 10.000 HABITANTES.....	107
	APÊNDICE B – CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS	119
B.1	Consolidação dos resultados para Alagoas.....	119
B.2	Consolidação dos resultados para a Bahia.....	121

B.3 – Consolidação dos resultados para o Ceará	124
B.4 – Consolidação dos resultados para o Maranhão.....	125
B.5 – Consolidação dos resultados para a Paraíba	127
B.6 – Consolidação dos resultados para Pernambuco	131
B.7 – Consolidação dos resultados para o Piauí.....	132
B.8 – Consolidação dos resultados para o Rio Grande do Norte.....	137
B.9 – Consolidação dos resultados para Sergipe	140
APÊNDICE C – Programação em VBA do Cálculo da Viabilidade Econômica da Energia Solar Fotovoltaica – Sistema Isolado.....	141
ANEXO A – MAPAS SOLARIMÉTRICOS.....	149
A.1 – Média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro	149
A.2 – Médias sazonais da irradiação global diária no território brasileiro.....	150
ANEXO B – MAPAS DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA BIOMASSA (RESÍDUOS AGRÍCOLAS E ÓLEO DE DENDÊ) NA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA	151
B.1 – Potencial de geração de energia a partir de resíduos agrícolas no Nordeste do Brasil	151
B.2 – Potencial de geração de energia a partir da biomassa do óleo de dendê no Nordeste do Brasil.....	152
ANEXO C – MAPAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO	153
C.1 – Velocidade média anual do vento a 50 metros de altura em m/s	153
C.2 – Velocidade média anual de vento a 50 metros de altura no Nordeste do Brasil	154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.1 – IDHM dos estados do Nordeste.....	6
TABELA 1.2 – Produção de energia e eletricidade na região Nordeste brasileira em 2011	7
TABELA 1.3 – Consumo residencial de eletricidade na região Nordeste brasileira em 2011.....	8
TABELA 1.4 – Capacidade instalada de geração elétrica na região Nordeste brasileira	8
TABELA 4.1 – Emissões referentes à fase de geração de eletricidade	33
TABELA 5.1 – Valores dos componentes de um sistema solar fotovoltaico (minirrede) de 200 kWh/mês (MIGDI) para o Nordeste brasileiro	44
TABELA 5.2 – Valores dos componentes de um sistema solar fotovoltaico de 80kWh/mês (SIGFI80) para o Nordeste brasileiro (sistema isolado)	48
TABELA 6.1 – Potencial de produção de biogás a partir de suínos no Nordeste brasileiro*	52
TABELA 6.2 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro em um cenário de 30 kWh/t cana	52
TABELA 6.3 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro em um cenário de 60 kWh/t cana	52
TABELA 6.4 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar na região Nordeste brasileira em um cenário de 120 kWh/t cana	52
TABELA 6.5 – Potencial da geração de energia a partir da biomassa do óleo de dendê no Nordeste brasileiro	52
TABELA 6.6 – Potencial da geração de energia a partir da biomassa de resíduos agrícolas no Nordeste brasileiro	53
TABELA 6.7– Potencial da geração de energia a partir de resíduos da silvicultura no Nordeste brasileiro com eficiência de 15%	53
TABELA 6.8 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos da silvicultura no Nordeste brasileiro com eficiência de 30%	53
TABELA 6.9 – Custo do m ² da casa de máquinas.....	60
TABELA 6.10 – Correção dos valores de custos para resíduos agrícolas.....	63

TABELA 6.11 – Valores dos componentes dos custos de um sistema baseado em resíduos agrícolas.....	63
TABELA 6.12 – Correção dos valores de custos para óleo de dendê	70
TABELA 6.13 – Valores dos componentes dos custos de um sistema baseado em óleo de dendê	70
TABELA 7.1 – Potencial eólico-elétrico estimado do Brasil calculado por integração de área nos mapas temáticos	76
TABELA 7.2 – Evolução da produção e do consumo de energia eólica no Brasil (GWh)	78
TABELA 9.1 – Amostragem dos resultados para energia solar fotovoltaica em minirredes	96
TABELA 9.2 – Amostragem dos resultados para energia solar fotovoltaica em sistemas isolados.....	97
TABELA 9.3 – Amostragem dos resultados para biomassa de resíduos agrícolas	98
TABELA 9.4 – Amostragem dos resultados para biomassa de óleo de dendê	99
TABELA 9.5 – Amostragem dos resultados para energia eólica.....	100
TABELA 9.6 – Valores por kWh para as fontes alternativas de energia	101
TABELA 9.7 – Variação percentual entre os valores por kWh das fontes alternativas de energia considerando a externalidade	102

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – Matriz Elétrica Brasileira em 2011	4
FIGURA 3.1 – Modelo do Balanço de Materiais.....	20
FIGURA 5.1 – Sistema FV residencial	38
FIGURA 6.1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte	51
FIGURA 7.1 – Aerogerador de eixo horizontal.....	73
FIGURA 7.2 – Configuração de um sistema eólico isolado	74
FIGURA 7.3 – Potencial eólico estimado por região do Brasil	77
FIGURA 7.4 – Sistema eólico isolado	81
FIGURA 8.1 – Tela de abertura do PEASEB/v2	86
FIGURA 8.2 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Solar – Sistema Isolado..	88
FIGURA 8.3 – Tabela para a Energia Solar – Sistema Isolado.....	89
FIGURA 8.4 – GRAFSOLARSI : Solar – Sistema Isolado	89
FIGURA 8.5 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Solar – Minirredes	90
FIGURA 8.6 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa – Resíduos Agrícolas	91
FIGURA 8.7 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa – Óleo de Dendê	92
FIGURA 8.8 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Energia Eólica	93
FIGURA 8.9 – Descrição do PEASEB/v2.....	94

1 INTRODUÇÃO

O modelo energético da maioria dos países está baseado no consumo de combustíveis fósseis. Estima-se que os combustíveis fósseis representem 90% do consumo energético no mundo, e sua utilização para a produção de energia é responsável pela adição anual de mais de 5 bilhões de toneladas de carbono na atmosfera, além da emissão de outros gases de efeito estufa, responsáveis pelas crescentes alterações climáticas no planeta. Desde 1900, a temperatura média global aumentou em um fator da ordem de 0,5 °C. Outros graves problemas associados às emissões provindas da geração de energia, que utilizam fontes fósseis, são: a chuva ácida e os severos problemas de saúde na população mundial devido à exposição aos poluentes emitidos (Hinrichs e Kleinbach, 2003).

O termo aquecimento global descreve o aumento da temperatura média da superfície terrestre devido à emissão de gases, como o dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O). Esse aquecimento é provocado pelo chamado efeito estufa, que impede que uma fração da energia solar recebida na superfície terrestre retorne ao espaço. Nas últimas décadas, a concentração desses gases na atmosfera aumentou substancialmente. No caso do CO₂, as concentrações na atmosfera nos anos de 1800 não passavam de 290 partes por milhão (ppm) (Massambani, 1992). Em 2013, esse volume passou para mais de 400 ppm (Folha de São Paulo, 2013). Mais da metade desse aumento ocorreu após 1950, principalmente devido à utilização e queima de combustíveis fósseis pela atividade humana (Massambani, 1992).

Projeções do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas (IPCC) demonstram que, até 2025, cerca de 12,43 bilhões de toneladas de carbono serão emitidas para a atmosfera a partir do setor energético, sendo que 56% desse montante serão provenientes dos países em desenvolvimento, como o Brasil (Massambani, 1992).

De acordo com Massambani (1992), tendo as projeções do IPCC como base, num cenário com pouco ou nenhum controle sobre as emissões, projeta-se, em 2025, um aumento da temperatura média global de cerca de 4 graus acima do período pré-industrial. Os outros cenários projetados com os controles das

emissões preveem que em 2100 haverá um aumento da temperatura média global entre 1,8 e 2,8 graus acima do valor pré-industrial.

Previsões sobre o consumo de energia para o século XXI sugerem um aumento contínuo das emissões de dióxido de carbono: de 7,4 bilhões de toneladas por ano em 1997 para aproximadamente 26 bilhões de toneladas em 2100 (Silva et. al. 2000).

Três quartos da população mundial vivem nos países em desenvolvimento. Apenas um quarto de toda a energia gerada mundialmente é consumida por esses países, o que leva a uma grande disparidade na comparação do consumo *per capita* entre os países. O consumo dos países em desenvolvimento quadruplicou a partir de 1960, ocasionando grandes problemas na qualidade do ar e de outros recursos ambientais. A China, por exemplo, gera 75% de sua eletricidade a partir do carvão, fonte fóssil altamente poluidora. Estima-se ainda que, em duas décadas, as emissões de CO₂ dos países em desenvolvimento devem passar de 28% para 44% das emissões globais (Hinrichs e Kleinbach, 2003).

Torna-se claro que o aquecimento global e suas implicações dificilmente regredirão. É preciso revisar os processos relacionados às atividades humanas que são os grandes responsáveis pela emissão de CO₂ para a atmosfera, como por exemplo, a substituição dos combustíveis fósseis para a produção de energia (Massambani, 1992).

É necessário pensar em um desenvolvimento sustentável da economia, considerando, de forma conjunta, os pilares social, ambiental e econômico para que o desenvolvimento atual não comprometa as gerações vindouras.

As políticas econômicas podem ser um instrumento eficaz para a sustentação dos ecossistemas e manutenção dos recursos naturais, já que, na falta de incentivos econômicos adequados, as políticas de proteção ambiental são desconsideradas. Isso pode ocorrer devido à tendência em tratar o meio ambiente como ilimitado ou gratuito, incentivando assim a exaustão e a degradação dos recursos ambientais (Mattos e Mattos, 2004).

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003), o crescimento econômico de forma sustentável só será possível com o uso eficiente dos limitados recursos energéticos, do desenvolvimento de novas tecnologias e da utilização de fontes alternativas especialmente nos países em desenvolvimento. Do ponto de vista

econômico, o crescimento precisa ser definido de acordo com a capacidade de suporte dos ecossistemas, respeitando os limites do meio ambiente físico para, assim, se ter o desenvolvimento de forma sustentada (Mattos e Mattos, 2004).

A redução da oferta de combustíveis convencionais juntamente com ao aumento de demanda por energia e a preocupação crescente com o meio ambiente impulsionam a comunidade científica a buscar alternativas, pesquisando e desenvolvendo fontes para geração de energia que sejam menos poluentes, renováveis e de baixo impacto ambiental (Pereira et al., 2006).

As fontes alternativas de energia surgem como opção, pois não emitem gases poluentes por utilizarem matérias-primas renováveis, contribuindo assim para a sustentabilidade almejada pelos países em desenvolvimento (Goldemberg, 2007). As principais fontes alternativas de energia estudadas nesse trabalho são: eólica, solar e biomassa, que têm se destacado, principalmente no Brasil, por conta do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) e da Coordenação Geral de Fontes Alternativas de Energia do Ministério de Minas e Energia (PROINFA, 2012).

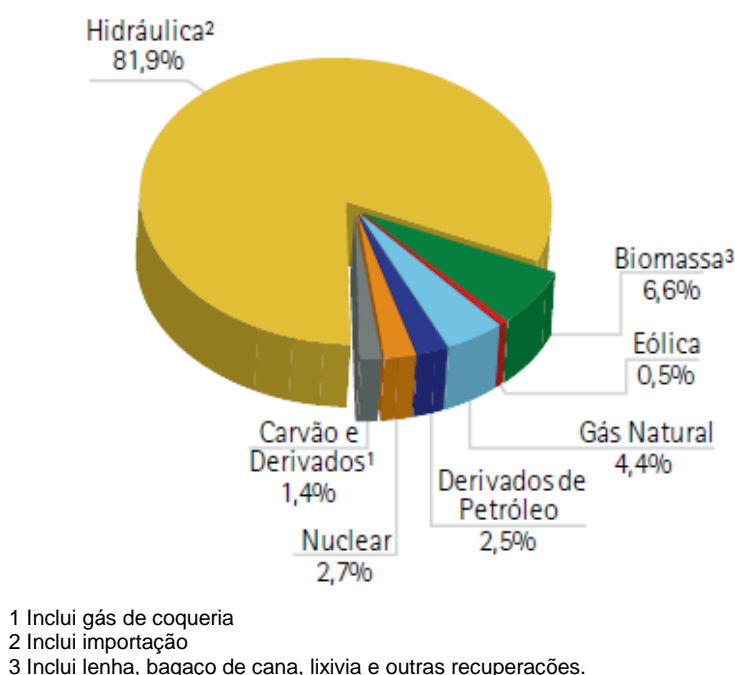
O PROINFA, maior programa de incentivo às fontes alternativas de energia do mundo, foi instituído pela Lei 10.438/2002 com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos com base em fontes eólicas, biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's) no Sistema Interligado Nacional (SIN), promovendo a diversificação da matriz energética do país, aumentando, assim, a segurança do abastecimento e valorizando as características e potenciais de cada região. O programa previu a instalação de 144 usinas, totalizando 3.299,40 MW de capacidade instalada, sendo 1.191,24 MW provenientes de 63 PCHs, 1.422,92 MW, de 54 usinas eólicas e 685,24 MW, de 27 usinas à base de biomassa. O prazo para o início do funcionamento dos empreendimentos era 30 de dezembro de 2010, de acordo com a Lei n.º 11.943, de 28 de maio de 2009 (ELETROBRÁS, 2014; PROINFA, 2012).

Até 31 de dezembro de 2011 foram implantados através do PROINFA 119 empreendimentos, sendo 41 eólicas, 59 PCH's e 19 térmicas a biomassa, totalizando 2.649,87 MW de capacidade instalada, o suficiente para abastecer aproximadamente 4,5 milhões de usuários. Do total instalado 963,99 MW são gerados pelas usinas eólicas, 1.152,54 MW por PCH's e 533,34 MW pelas usinas térmicas a biomassa (Eletrobrás, 2014).

Essas fontes podem ser importantes também pelo seu potencial de inserção econômica e social de populações excluídas, gerando emprego e renda com custos ambientais reduzidos em comparação com outras fontes. De acordo com a Eletrobrás (2014), o PROINFA foi responsável pela geração de cerca de 150 mil empregos diretos e indiretos em todo o país. Além disso, o programa possibilita uma redução estimada de emissões de gases de efeito estufa equivalentes a aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de CO₂eq/ano.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012b) as emissões antrópicas, que resultam das ações dos seres humanos associadas à matriz energética do país, totalizaram 396,7 Mt CO₂ equivalente (eq.) em 2011. A intensidade de carbono da economia do Brasil foi de 0,16 kg CO₂/US\$ em 2011, com uma emissão de cerca de 2,1 t CO₂ eq. por habitante. A participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira foi de 44,1% no ano de referência.

Para produzir 1MWh de energia, o setor elétrico brasileiro emitiu, em 2011, 56 kg CO₂ em média, quantidade 12 vezes menor que as emissões da China, país também em desenvolvimento. Isso se deve à participação de 88,9% das fontes renováveis na matriz elétrica (EPE, 2012b), sendo a maior parte proveniente de fonte hídrica, como pode ser visto na FIG. 1.1.



Fonte: EPE, 2012b.

FIGURA 1.1 – Matriz Elétrica Brasileira em 2011

No Brasil, de acordo com dados do PROINFA (2012), 43,9% da Oferta Interna de Energia (OIE), que é toda a energia disponibilizada para ser transformada, distribuída e consumida nos processos produtivos do país, é de origem renovável, situação privilegiada em relação ao resto do mundo, cuja média mundial é de 14%, enquanto a dos países desenvolvidos é de 6%.

Um aspecto importante a ser considerado na escolha das melhores alternativas energéticas, tendo como foco um desenvolvimento mais limpo e sustentável, diz respeito à análise das externalidades advindas dessas fontes, ou seja, os custos e benefícios que atingirão a sociedade como um todo. É preciso identificar essas externalidades e valorá-las de forma adequada para que os custos ou benefícios possam ser internalizados no preço final do produto e, assim, refletir de forma correta a viabilidade ou não viabilidade econômica destas fontes.

Os agentes econômicos devem ter ciência dos valores dos bens e serviços ou dos custos que a sociedade precisará arcar no caso da diminuição dos recursos ambientais ou prejuízo dos mesmos, já que dependem do meio ambiente como fonte de matérias-primas (Mattos e Mattos, 2004).

No âmbito das Ciências Econômicas, a internalização dos custos ambientais é um problema da Microeconomia, onde a questão ambiental tem sido trabalhada para a internalização dos efeitos ambientais da produção no preço do produto, que fará com que o preço final reflita a degradação ambiental e também a sua recuperação (Mattos e Mattos, 2004). Dentro dessa análise, é necessário também considerar os conceitos de avaliação econômica e financeira para uma correta análise de viabilidade econômica.

Essas considerações apontaram para a necessidade de ter um estudo detalhado com relação ao custo ambiental de fontes alternativas de energia para estimar sua viabilidade econômica em pequenas comunidades da região Nordeste do Brasil. A seguir, serão descritos os indicadores que levaram à escolha dessa região para o estudo.

1.1 O Nordeste brasileiro

A falta de acesso à eletricidade reflete diretamente nas condições de vida e nos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) de regiões não eletrificadas.

O IDH do Nordeste brasileiro em 2005 era de 0,720, o mais baixo entre as regiões brasileiras. Ainda em 2005, os nove estados que compõem a região situavam-se nas últimas colocações no ranking nacional, sendo Alagoas o pior Estado em número de IDH no país (Banco Central do Brasil, 2009).

De acordo com o PNUD (2014), a partir dos dados do último Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, o Nordeste ainda está em situação desfavorável comparado as outras regiões do país. Entre os 27 unidades da federação, os estados nordestinos classificaram-se conforme a TAB. 1.1 de acordo com o IDH Municipal (IDHM) das regiões em análise:

TABELA 1.1 – IDHM dos estados do Nordeste

<i>Colocação no ranking das unidades da Federação</i>	<i>Estado</i>	<i>IDHM</i>
16º	Rio Grande do Norte	0,684
17º	Ceará	0,682
19º	Pernambuco	0,673
20º	Sergipe	0,665
22º	Bahia	0,660
23º	Paraíba	0,658
24º	Piauí	0,646
26º	Maranhão	0,639
27º	Alagoas	0,631

Fonte: PNUD (2014).

O acesso à energia elétrica pode representar uma melhor qualidade de vida para populações já que possibilita, entre outros fatores, atividades produtivas associadas à geração de energia, (Coelho et al., 2005).

Para levar energia elétrica a essas comunidades afastadas, uma opção é a inserção de fontes alternativas de energia nessas regiões. Para Coelho et al. (2005), é preciso inserir fontes disponíveis localmente. As condições de isolamento e dispersão dessas regiões necessitam de soluções que valorizem os recursos naturais locais, que causem o menor impacto possível ao meio ambiente.

A seguir, nas TABELAS 1.2, 1.3 e 1.4, são apresentados os dados sobre consumo, capacidade instalada e produção de energia no Nordeste do Brasil em 2011.

TABELA 1.2 – Produção de energia e eletricidade na região Nordeste brasileira em 2011

Estado	Produção de energia - fontes fósseis* ($10^3 m^3$)	Produção de energia – eletricidade (GWh)
Maranhão	-	1.943
Piauí	-	742
Ceará	447	2.578
Rio Grande do Norte	4038	1.587
Paraíba	-	389
Pernambuco	-	7.707
Alagoas	882	18.747
Sergipe	3.539	9.670
Bahia	5.105	23.608
Total da região Nordeste	14.011	66.971
Total do Brasil	151.686	531.758

*Foram consideradas como fontes fósseis o petróleo e o gás natural. A região Nordeste não possui produção de carvão mineral, conforme dados da EPE (2012).

Fonte: EPE, 2012a,

A produção de energia elétrica na região Nordeste brasileira é liderada pelo estado da Bahia, com uma produção de 23.608 GWh em 2011. A produção total da região é de 66.971 GWh em 2011, correspondente a aproximadamente 12,59% do total produzido no país no ano de referência. A região responde por aproximadamente 9,2% da produção de energia por meio de fontes fósseis no país.

TABELA 1.3 – Consumo residencial de eletricidade na região Nordeste brasileira em 2011

<i>Estado</i>	<i>Consumo (GWh)</i>
Maranhão	2.041
Piauí	1.029
Ceará	3.032
Rio Grande do Norte	1.531
Paraíba	1.356
Pernambuco	3.933
Alagoas	1.020
Sergipe	854
Bahia	5.367
Total da região Nordeste	20.163
Total do Brasil	111.971

Fonte: EPE, 2012a.

O consumo de eletricidade na região em 2011 foi de 20.163 GWh, o que corresponde a aproximadamente 18% de todo o consumo do país em 2011.

TABELA 1.4 – Capacidade instalada de geração elétrica na região Nordeste brasileira*

<i>Estado</i>	<i>Capacidade instalada total (SP e APE) (MW)</i>
Maranhão	885
Piauí	198
Ceará	1.418
Rio Grande do Norte	784
Paraíba	637
Pernambuco	1.956
Alagoas	3.981
Sergipe	1.645
Bahia	6.627
Total da região Nordeste	18.131
Total do Brasil	117.135

* São consideradas hidro, termo e eólica. A região Nordeste não possui geração a partir de fontes nucleares.

SP – Serviço público, incluindo produtores independentes

APE – Autoprodutores. Não inclui usinas hidrelétricas em consórcio com concessionárias de serviço público.

Fonte: EPE, 2012a.

A capacidade instalada para geração elétrica da região Nordeste brasileira corresponde a aproximadamente 15,5% do total instalado no país no ano de 2011.

Então, é possível verificar, a partir dos dados das TAB. 1.2, TAB. 1.3 e TAB. 1.4 que a região Nordeste brasileira, mesmo sendo expressiva no país e possuidora de grandes recursos para a geração de energia elétrica, ainda participa com uma pequena parcela na produção nacional de eletricidade 12,59% aproximadamente e conta com muitas áreas sem eletrificação, o que leva a necessidade de avaliar a viabilidade de utilização de fontes alternativas de energia para geração de eletricidade disponíveis em abundância na região.

Ainda, a região conta com os mais baixos índices de desenvolvimento humano do país, fator que pode ser influenciado pelos níveis de consumo e acesso à energia.

Assim, os objetivos desse estudo foram fundamentados e serão apresentados a seguir.

1.2 Objetivos

Esse trabalho tem como objetivos calcular o custo ambiental, na fase de geração de eletricidade, para as fontes alternativas de energia – solar, eólica e biomassa – e estimar a viabilidade econômica dessas fontes em pequenas comunidades da região Nordeste do Brasil.

Como resultado, será feito um aperfeiçoamento dos cálculos de viabilidade econômica para as fontes em questão, com a inserção dos seus respectivos custos ambientais no Programa de Cálculo de Custos de Energias Alternativas, Solar, Eólica e Biomassa (PEASEB), desenvolvido no trabalho de Vanni (2008).

1.3 Motivação do trabalho

A motivação desse trabalho foi promover uma melhor avaliação dos custos ambientais das fontes alternativas de energia estudadas. Em 2008, no trabalho de Vanni, onde a primeira versão do PEASEB foi gerada, assumiu-se um valor padrão de 10% a mais do custo total do empreendimento para todas as fontes.

A partir dos resultados, espera-se ter uma estimativa mais realista da viabilidade econômica das fontes solar, eólica e biomassa, considerando a internalização dos custos ambientais no custo total do empreendimento.

Não há a pretensão de se esgotar o tema, pois uma análise de todas as fases da produção de eletricidade – implementação do empreendimento, geração de eletricidade e desativação da instalação – demandaria um período superior ao disponível para o desenvolvimento desse trabalho.

Pretende-se, com esse estudo, contribuir para as políticas energéticas do país e, também, para as políticas de investimento dos setores público e privado.

1.4 Capítulos

No Capítulo 1, uma introdução forneceu uma visão geral do estudo desenvolvido, os objetivos do trabalho e as motivações que levaram à escolha do tema.

A revisão bibliográfica sobre os trabalhos relevantes ao tema, envolvendo externalidades, valoração ambiental e viabilidade econômica de fontes de energia com foco nas fontes alternativas de energia é apresentada em ordem cronológica no Capítulo 2.

O Capítulo 3 aborda as principais questões relacionadas à economia e meio ambiente. São dadas as definições e diretrizes da Economia Ambiental pertinentes ao trabalho desenvolvido.

O Capítulo 4 apresenta a descrição do método que será utilizado para os cálculos de custos ambientais referentes à viabilidade econômica.

Nos Capítulos 5, 6 e 7 são demonstradas as equações para os cálculos e viabilidade econômica das fontes de energia solar, biomassa e eólica, considerando os seus custos ambientais, além de uma breve descrição de cada uma das fontes.

No Capítulo 8 é descrito o programa PEASEB, após a inserção das equações desenvolvidas nos capítulos 5, 6 e 7.

No Capítulo 9, são apresentados os resultados e as discussões acerca dos resultados.

As conclusões e propostas futuras estão no capítulo 10.

O APÊNDICE A apresenta o banco de dados criado com os municípios da região nordeste brasileira.

O APÊNDICE B reúne a consolidação dos resultados para os nove estados nordestinos estudados.

O APÊNDICE C demonstra a programação do PEASEB/v2, considerando a variável ambiental para sistemas solares fotovoltaicos em sistemas isolados.

Os mapas solarimétricos do país podem ser vistos no ANEXO A.

O ANEXO B exhibe os mapas do potencial de geração de energia da biomassa de resíduos agrícolas e de óleo de dendê na região nordeste brasileira.

Os mapas do potencial eólico brasileiro são apresentados no ANEXO C.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta revisão da literatura são apresentados trabalhos relacionados à economia e ao meio ambiente. Foram também considerados trabalhos recentes sobre o cálculo e a internalização dos custos ambientais por meio da valoração econômica dos recursos naturais, além de textos que tratam da viabilidade econômica de fontes alternativas de energia, tema que também é abordado nesta dissertação.

Custos ambientais e externalidades são temas que tem sido repetidamente debatidos pela sociedade moderna, principalmente devido aos efeitos ambientais devastadores causados nos últimos anos pelo rápido desenvolvimento econômico e tecnológico no mundo. No Brasil, a partir de 1992, quando aconteceu a Eco 92, o assunto tomou fôlego e passou a ser tema recorrente. No entanto, essa temática de custos ambientais e a preocupação com as externalidades já podiam ser observadas no início do século XX em trabalhos importantes de grandes economistas, como Pigou e Coase. Esses autores tentaram valorar os custos impostos à sociedade pelas externalidades, que influenciaram e serviram de base para toda a teoria da Economia Ambiental. Desde então, mais estudiosos têm se dedicado ao tema, e a evolução dos estudos será descrita a seguir.

Arthur Cecil Pigou, economista inglês, é considerado o fundador da Economia do bem-estar. Em sua publicação, *The economics of welfare* (1920), Pigou estabeleceu as diferenças entre custos marginais privados e sociais e defendeu a intervenção do Estado na economia por meio da tributação (posteriormente conhecida como Taxa de Pigou), para corrigir as falhas de mercado e internalizar as externalidades geradas pelos agentes econômicos. Isso fez com que os custos marginais do produtor, repassados para a sociedade, fossem incorporados aos seus custos. Assim, o produtor ficaria com o custo total da produção. As ideias desse autor o tornaram um precursor na área ambiental.

Em outubro de 1960, o economista Ronald H. Coase publicou um importante trabalho na área microeconômica e do bem-estar social, intitulado "*The problem of social cost*" (O problema do custo social), que daria origem ao atual Teorema de Coase, termo amplamente utilizado em trabalhos ligados à área

ambiental. Em suas análises, Coase contraria a tradição Pigouviana, amplamente adotada até então pelos economistas da época, em que os custos sociais eram originados por falhas de mercado e deveriam ser corrigidos pelo Estado por meio de medidas impostas aos causadores do impacto. Para Coase, o problema das externalidades tinha origem na indefinição dos direitos de propriedade e na ausência de mercados que possibilitavam a internalização dos custos. A solução deveria ser pensada a partir da natureza recíproca do problema. O autor apresentou algumas soluções para maximizar o bem-estar social a partir de direitos de propriedade bem definidos negociados entre as partes envolvidas. A partir da definição dos direitos de propriedade e, desde que houvesse uma negociação sem custos de transação entre as partes, as externalidades ou ineficiências econômicas poderiam ser corrigidas.

Em 1991, Pearce *et. al.* afirmavam que para que houvesse uma melhor alocação dos recursos na economia seria importante fazer uma avaliação econômica adequada dos bens e serviços ambientais. Uma melhoria na qualidade ambiental proporcionaria também melhorias na satisfação e no bem-estar social, medidos pela Economia Ambiental. E uma forma de fazer essas medidas seria por intermédio da monetização das externalidades. De acordo com esses autores, a quantificação monetária permite, também, a comparação com usos alternativos dos recursos. Para tanto, eles descreveram a equação geral para a valoração econômica dos recursos ambientais, aqui chamada de Valor Econômico Total e suas metodologias e concluíram que a valoração força a sociedade a pensar racionalmente nas decisões, nos custos e benefícios das decisões tomadas.

Reis (2001) estudou os custos ambientais associados à geração elétrica por hidrelétricas e também termelétricas a gás natural e apresentou metodologias para a valoração desses custos decorrentes dos principais danos levantados para as fontes estudadas. Dispositivos econômicos da época não identificavam a degradação ambiental em níveis micro ou macroeconômicos. A internalização dos custos da degradação ambiental requer a quantificação desses danos, ou seja, valores obtidos a partir dos métodos de valoração econômica. Foram levantados os principais aspectos teóricos, as metodologias para valoração ambiental, a internalização dos custos gerados, os impactos gerados pelas fontes e as metodologias que poderiam ser aplicadas para valorar os principais danos causados. Para o autor, uma incorporação incompleta dos custos

ambientais leva à alocação incorreta dos recursos, a não satisfação do bem-estar das pessoas e à geração de passivos ambientais no caso de externalidades negativas. Mas também, no caso de externalidades positivas, a correta internalização das externalidades pode demonstrar a viabilidade de um empreendimento.

Ainda em 2001, Reis *et. al.* discutiram aspectos conceituais e metodológicos de duas metodologias que pudessem incorporar as externalidades aos demais aspectos de análise do setor elétrico, a saber: Avaliação dos Custos Completos (ACC) e Análise do Ciclo de Vida (ACV). A ACV tem como objetivo a avaliação comparativa dos sistemas em termos ambientais, não produzindo valores. A ACC admite as externalidades como custos externos e busca monetizá-los internalizando os custos. Dentro dos elementos constituintes da ACC, o que diferencia esse método de outros é a incorporação das externalidades nos custos, que é feita em três etapas: identificação e estimativa dos impactos socioambientais; quantificação das externalidades e monetarização das externalidades, sendo esse último item o de maior dificuldade. Os autores concluíram, depois de expor as metodologias, que ambas incorporam as questões socioambientais e são passíveis de serem utilizadas no planejamento integrado de recursos.

Mattos e Mattos (2004) analisaram a internalização dos custos ambientais do setor sucroalcooleiro a partir do estudo dos impactos da queima prévia da cana-de-açúcar para a colheita, da quantificação dos usos alternativos da palha, no caso da substituição da queima prévia pela colheita da cana crua e da utilização do bagaço no setor produtivo. O trabalho buscou quantificar os impactos do setor no meio ambiente e sua possível viabilidade econômica pelo método de valoração econômica. Para esse objetivo, utilizou-se a equação do valor econômico total que será discutida em capítulo específico. Os autores concluíram que a valoração feita de forma simples, deixando de fazer a queima prévia nas colheitas, pode ser usada como indenização nos casos de descumprimentos das Leis Ambientais. Além disso, os autores mostraram que a utilização da palha para a geração de energia e o bagaço, para fins com maior valor agregado, tornariam o setor mais viável economicamente.

Reis *et. al.* (2005) publicaram um trabalho apresentando os resultados de um projeto desenvolvido pela equipe cujo principal objetivo era estabelecer

uma metodologia de avaliação e incorporação dos custos socioambientais em novos projetos de transmissão. Nele foi desenvolvido um *software* buscando o aprimoramento da questão da avaliação ambiental. Para atingir o objetivo, os aspectos abordados foram: levantamento, organização e apresentação dos aspectos básicos da transmissão de energia elétrica; análise da inserção ambiental de linhas de transmissão de energia elétrica (fonte de grande parte das externalidades do projeto) e o desenvolvimento do sistema para mensuração das externalidades. A metodologia foi desenvolvida, a partir dos conceitos de externalidades e foram feitas as devidas análises. Para comprovar a aderência do programa, foi feito um estudo de caso que comprovou que a inclusão das externalidades revelou um custo ambiental superior ao considerado no início do projeto estudado. Então, concluiu-se que a ferramenta desenvolvida é importante para o tratamento de custos, benefícios e externalidades dos projetos de linhas de transmissão.

Rodrigues (2005) estudou os impactos ambientais de tecnologias de plantio de soja e milho em região de cerrados, utilizando como técnica de valoração econômica o Método Custo-Reposição (MCR), que é baseado na reparação de danos aos recursos ambientais. A partir da mensuração dos impactos ambientais, o autor comparou duas alternativas tecnológicas: o plantio direto e o convencional. Ele concluiu que a adoção do plantio direto possui maior eficácia social, já que reduz a erosão dos solos e também o assoreamento. Os valores calculados pelo autor mostram que a adoção do plantio direto representaria uma redução nos custos ambientais para o município analisado, com exceção das outras externalidades ambientais não mensuradas. No caso da soja, a adoção do plantio direto eleva o custo de produção em 0,47%, mas provoca uma redução de 81,22% no custo ambiental. Para o milho, os custos de produção do plantio direto são 5,92% menores do que os referentes ao plantio convencional, mas provoca uma redução no custo ambiental em 29,43%.

Udaeta *et. al.* (2005) descrevem uma metodologia de avaliação dos impactos gerados por usinas hidrelétricas e termelétricas a gás natural utilizando a abordagem dos Custos Completos, a fim de buscar uma solução para o problema de aumento da oferta de energia com um menor ônus para a sociedade. Os aspectos considerados na análise de viabilização das usinas foram fatores técnico-econômicos, ambiental, social e político. Para as análises foram

necessárias as caracterizações das usinas estudadas em todos os aspectos citados, e os principais impactos positivos e negativos de cada um dos fatores foram identificados, considerando pesos para cada um deles. Concluiu-se que a aplicação do modelo foi satisfatória para as usinas estudadas.

Brandli *et. al.* (2006) avaliaram a aplicabilidade dos métodos de valoração econômica ambiental por meio de estudos empíricos que analisaram as vantagens e limitações de alguns métodos da Função de Demanda. O trabalho evidenciou a importância da internalização dos custos ambientais pois, além de dimensionar os impactos ambientais internalizando-os à economia, também evidenciou os custos e benefícios da expansão da atividade humana, visando à maximização do bem-estar social e do desenvolvimento sustentável. De acordo com os autores, a escolha do melhor método deve considerar o objetivo da valoração, a eficiência do método para o caso e as informações disponíveis para o estudo. A partir da análise dos casos valorados por cada método, o grupo concluiu que o método de valoração contingente é o mais amplamente utilizado, devido à sua flexibilidade e capacidade de estimar o valor econômico total. Salienta-se, ainda, que todos os métodos ainda são pouco conhecidos e há necessidade do desenvolvimento de trabalhos que estimem o valor econômico dos recursos naturais.

Zampier e Miranda (2007) estudaram as metodologias para a valoração econômica de bens ambientais por meio de uma revisão bibliográfica sobre o tema, com o objetivo de fazer uma avaliação da aplicabilidade desses métodos. Eles concluíram que a valoração do meio ambiente é um dos aspectos mais críticos do processo de contabilização devido à dificuldade de quantificação dos benefícios gerados e salientam a importância da valoração econômica nos processos de tomada de decisão por parte do poder público no que se refere ao desenvolvimento de forma sustentável.

Dantas Filho *et al.*, (2008) analisaram a viabilidade econômica financeira de um projeto de cogeração de energia utilizando o bagaço de cana-de-açúcar considerando a possibilidade de inserção do projeto no mercado de crédito de carbono, já que a cogeração a partir de fontes alternativas e renováveis é tida como um dos projetos de maior elegibilidade do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Esse trabalho considerou os impactos ambientais positivos gerados pela utilização energética desses resíduos e as emissões evitadas de CO₂ que

seriam gerados por fontes fósseis. As emissões evitadas foram quantificadas para o cálculo de créditos de carbono, e esses valores foram somados à Taxa Interna de Retorno (TIR) e ao Valor Presente Líquido (VPL) demonstrando que os resultados foram mais atrativos financeiramente quando o projeto é inserido no MDL, contabilizando-se os efeitos ambientais e sociais dos projetos.

Franco et al. (2008) analisaram a viabilidade econômica da geração de energia elétrica utilizando células a combustível em uma comunidade sem acesso à eletricidade, onde só existia um grupo gerador diesel que atendia a somente algumas das 87 famílias estudadas. O estudo foi baseado nos custos de financiamento a valor presente dos investimentos e pelo custo unitário da energia primária de geração versus a capacidade de compra das famílias. Os autores concluíram que a alternativa só seria viável a partir da redução dos custos dos investimentos projetados para alguns anos, onde os custos da geração seriam suportáveis para a comunidade local. Isto seria possível devido ao acréscimo do conforto e das possibilidades obtidas. Com o acesso à energia elétrica, a população local teria acesso a novas atividades econômicas, o que levaria a uma melhoria nas condições de vida e conseqüentemente, inclusão social.

Vanni (2008) fez um estudo de viabilidade econômica de fontes alternativas de energia para o estado do Maranhão, no Nordeste brasileiro. Para o estudo, a autora fez um levantamento bibliográfico a respeito das fontes eólica, solar e biomassa e também desenvolveu um banco de dados com as características do estado analisado. Foi criado, também, um programa para facilitar os cálculos, o Programa de Cálculo de Custos das Energias Alternativas Solar, Eólica e Biomassa (PEASEB). Para os cálculos, foi considerado um valor de custo ambiental padrão para todas as fontes, determinado como um acréscimo de 10% sobre o valor total do empreendimento. A partir dos cálculos desenvolvidos, a autora concluiu que a energia eólica e a biomassa apresentaram melhores resultados para aplicação nas comunidades analisadas.

Com base em alguns dos trabalhos apresentados, serão calculados os custos ambientais e a viabilidade econômica das fontes alternativas de energia solar, eólica e biomassa para pequenas comunidades do nordeste brasileiro.

Com a finalidade de fundamentar os cálculos realizados nesse trabalho, serão descritos, a seguir, os conceitos relacionados à economia e ao meio ambiente.

3 ECONOMIA E MEIO-AMBIENTE

Existe uma relação muito estreita e direta entre as atividades econômicas e o meio ambiente. Todas as decisões tomadas pelos agentes de uma economia, consumidores e produtores afetarão, de alguma forma, e com alguma intensidade, o meio ambiente e a sociedade como um todo.

O rápido desenvolvimento tecnológico e econômico mundial, sem qualquer preocupação com o meio ambiente, trouxe graves consequências para os dias atuais, que podem ser agravadas ainda mais para as futuras gerações, caso medidas de contenção e controle de emissões, além da alocação de recursos, não sejam adotadas.

O conseqüente aumento da demanda e do consumo de energia advindos do avanço tecnológico e do desenvolvimento humano são fatores apontados como mais significativos na aceleração das alterações climáticas e ambientais, sendo observados e também descritos pela sociedade científica, já que o consumo de energia triplicou após a Revolução Industrial. Além disso, as tendências de crescimento apontam que o consumo de energia nos países em desenvolvimento, em virtude da melhoria de parâmetros socioeconômicos, ultrapassará o consumo dos países já desenvolvidos ainda na segunda década do século vigente (Pereira et al., 2006).

É possível haver desenvolvimento econômico com preservação do meio ambiente, desde que haja adequação dos mercados e adoção de políticas efetivas de proteção ao meio ambiente.

A seguir, serão abordadas as principais questões ligadas à economia e ao meio ambiente. Serão dadas as definições, diretrizes e conceitos da Economia Ambiental e suas origens.

3.1 A economia e o meio ambiente: origens e o início dos debates

Na economia clássica de autores como Adam Smith, a questão ambiental ainda não era objeto relevante de análise. Somente a partir de 1870, com economistas como Léon Walras e com a substituição da teoria do valor baseado no trabalho pela teoria do valor baseado na utilidade marginal, as questões ambientais começaram a ser discretamente discutidas e apareceram,

efetivamente, a partir de 1890 com a Escola Neoclássica e com a publicação dos Princípios da Economia de Alfred Marshall. O trabalho publicado por Arthur Cecil Pigou, em 1920, intitulado “A Economia do bem-estar” pode ser citado como obra fundamental no debate ambiental, (Silveira, 2006).

Após a crise de 1929 e a aplicação do programa de recuperação conhecido como *New Deal* em 1933, aliado à publicação da obra de John Maynard Keynes em 1936, “A teoria geral do emprego, juros e moeda”, a economia americana passou a sofrer maior intervenção estatal tendo como foco, o chamado *welfare-state*, estado de bem-estar social, ou keynesianismo. Contudo, correntes de pensamento econômico se opuseram ao keynesianismo e também às ideias neoliberais. Uma delas foi à chamada Economia Institucionalista, fundada pelo economista Thornstein Veblen. Os institucionalistas eram contrários à tendência de separação entre a economia e as outras ciências sociais (Silveira, 2006).

Segundo Silveira (2006), as divergências entre essas escolas econômicas levaram a uma discussão mais relevante acerca de questões como as alternativas de resolução/diminuição do impacto de externalidades no meio ambiente provocadas pelo crescimento ou pelo desenvolvimento econômico. Passou-se a debater, também, quando priorizar o crescimento econômico ou o meio ambiente, além dos debates sobre como deveria se dar a compensação à natureza com relação aos prejuízos gerados a ela pelos agentes econômicos, quer por intervenção governamental quer por livre negociação entre as partes.

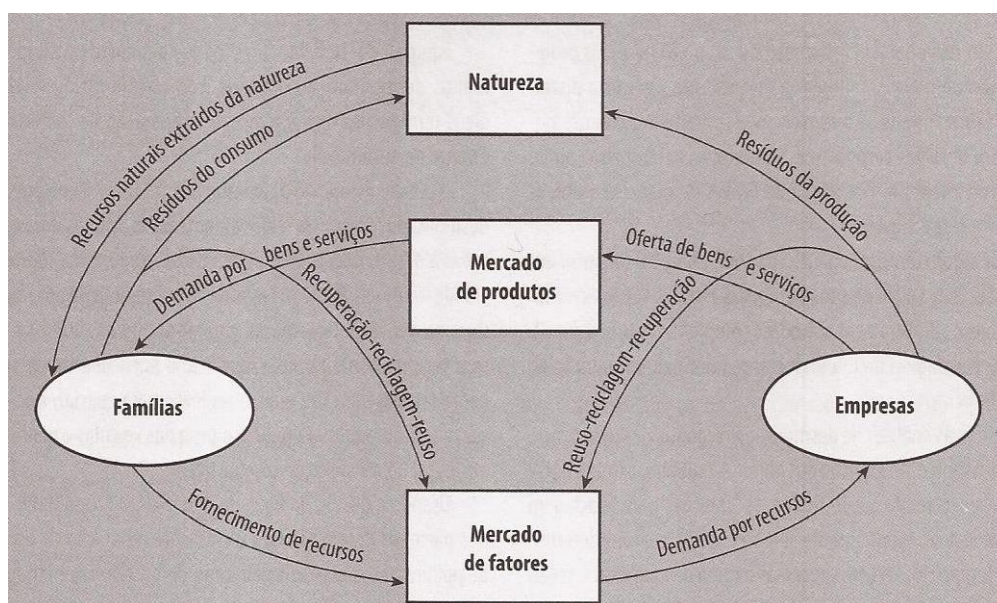
É importante ressaltar também que as premissas neoclássicas voltaram com o trabalho de Coase (1960) e, mais recentemente, com os pressupostos do Consenso de Washington em 1990.

A seguir, são descritas as relações entre a atividade econômica e o meio ambiente, justificando o surgimento da Economia Ambiental, ramo da Ciência Econômica que dará amparo teórico a esse trabalho.

3.2 Relação entre atividade econômica e meio ambiente

Os recursos naturais são escassos e possuem usos alternativos. Por isso é necessário que seja feita uma alocação eficiente desses recursos, o que é um problema de natureza econômica.

A relação entre as atividades econômicas e o meio ambiente é descrita por meio do Modelo do Balanço dos Materiais (FIG. 3.1), que mostra as conexões existentes entre as decisões econômicas e o ambiente natural. No modelo, é possível identificar dois fluxos: o Fluxo de Recursos, onde é descrito o fluxo dos recursos naturais do meio ambiente para a atividade econômica, que é objeto de estudo da Economia dos Recursos Naturais; e o Fluxo de Resíduos, que descreve o fluxo dos subprodutos ou resíduos que vão da atividade econômica (consumo e produção) para o meio ambiente. De acordo com o modelo, os problemas ambientais estão ligados ao funcionamento dos mercados de forma direta, já que todas as decisões dos agentes econômicos afetam a qualidade e a quantidade dos recursos. O Fluxo de Resíduos é o escopo dos estudos da Economia Ambiental (Thomas e Callan, 2010).



Fonte: Thomas e Callan, 2010 adaptado de Kneese, Ayres e D'Arge (1970).

FIGURA 3.1 – Modelo do Balanço de Materiais

3.3 A Economia Ambiental

Para Thomas e Callan (2010), a Economia Ambiental está preocupada em identificar e resolver o problema dos danos ambientais (ou da poluição) associados ao fluxo de resíduos e, ainda, essa área da economia busca utilizar modelos de falha de mercado para analisar o problema e identificar soluções. De acordo com os autores, identificar as causas, as fontes e o escopo dos danos é essencial para a sua resolução. Costa (2005) define a economia ambiental como

“o campo da economia que aplica a teoria econômica às questões ligadas ao manejo e à preservação do meio ambiente.”

A Economia Ambiental, difundida na década de 1980, era voltada às questões da poluição, percebida como uma externalidade dos processos produtivo e de consumo. Essa externalidade poderia ser tratada pela internalização dos custos ambientais nos preços dos produtos finais (Mattos e Mattos, 2004). Para esses autores, a Economia Ambiental pode ser associada aos trabalhos do economista Arthur Pigou, já mencionado na revisão da literatura dessa dissertação.

Uma melhoria na qualidade ambiental traz consigo uma melhoria econômica se aumentar a satisfação e o bem-estar social. Esse bem-estar precisa ser medido, e isso é feito pela Economia Ambiental, que busca mensurar os ganhos, como os benefícios advindos do progresso; as perdas, como os custos oriundos das reduções da qualidade ambiental para o bem-estar das populações (Pearce *et. al.*, 1991).

3.3.1 Classificação dos danos ambientais de acordo com a sua origem, fonte e extensão.

A seguir, são descritos, de forma sucinta, os principais conceitos utilizados na Economia Ambiental referentes às causas, fontes e extensão dos danos ambientais.

Quanto à origem, os danos ambientais podem ser definidos como poluentes naturais, contaminantes originados em processos não artificiais da natureza; e poluentes antropogênicos, resultantes da ação humana (Thomas e Callan, 2010).

A fonte dos danos ambientais geralmente é dividida em dois grupos, caracterizados por sua mobilidade (estacionária ou móvel) e identificabilidade (pontual ou não pontual). A fonte estacionária possui uma fonte poluidora com localização fixa, como no caso das termelétricas a carvão. A fonte móvel trata de qualquer fonte de poluição não estacionária, como os automóveis. A fonte pontual caracteriza-se por fontes individuais de poluição, como chaminés. A fonte não pontual é uma fonte poluidora que não pode ser identificada de maneira clara (Thomas e Callan, 2010).

Já a extensão dos danos ambientais, por ser variável, é classificada de acordo com o tamanho do impacto geográfico, como: local, regional ou global. A poluição local refere-se a danos ambientais que não se distanciam da fonte poluidora. A poluição regional é aquela que se distancia da fonte poluidora. A poluição global possui efeitos com implicações globais (Thomas e Callan, 2010).

3.3.2 Fundamentos da Economia Ambiental

A Economia Ambiental possui conceitos que são considerados fundamentais para o entendimento deste ramo da economia (Costa, 2005). São eles:

- 1 – Critério de Pareto
- 2 – Externalidades
- 3 – Taxa Pigouviana
- 4 – Teorema de Coase

Cada conceito será descrito mais detalhadamente a seguir.

3.3.2.1 Critério de Pareto

O economista italiano Vilfredo Pareto foi um dos primeiros estudiosos a examinar as implicações do conceito de eficiência. A Eficiência de Pareto (ou Eficiência Econômica) é um critério da microeconomia muito útil para comparar os resultados de diferentes instituições econômicas, podendo ser utilizado para avaliar diferentes formas de alocação de recursos. Uma situação econômica é eficiente no sentido de Pareto se não existir nenhuma forma de melhorar a situação de um grupo sem piorar a de outro (Varian, 2006).

Na economia ambiental o também chamado Critério de Pareto é utilizado para julgar se a alocação dos recursos é eficiente. Esta resposta estabelecerá um ponto ótimo que servirá como base para as negociações entre o setor público e privado, para a preservação do meio ambiente, e será de grande importância para estabelecer um ponto de equilíbrio entre a produção e a poluição, que é a mais importante falha de mercado na área ambiental (Costa, 2005).

O nível ótimo aqui se dará quando os produtores limitarem a produção a níveis economicamente viáveis, que satisfaçam às condições definidas pela sociedade dos níveis de poluição aceitáveis por ela (Costa, 2005).

3.3.2.2 Externalidades

O primeiro teorema da Teoria Econômica do Bem-Estar mostra que, na falta de externalidades, um mercado livre e competitivo proporciona resultados eficientes. Contudo, existindo externalidades, o resultado do mercado competitivo não será eficiente no sentido de Pareto (Varian, 2006).

Segundo Mankiw (2011), as externalidades que são uma falha de mercado surgem “quando uma pessoa se dedica a uma ação que provoca impacto no bem-estar de um terceiro que não participa dessa ação, sem pagar nem receber nenhuma compensação por esse impacto”. Se o impacto gerado for adverso é chamado de externalidade negativa; se for benéfico, externalidade positiva. O equilíbrio de mercado não é eficiente quando existem externalidades, pois o equilíbrio não maximiza o benefício total para a sociedade. As externalidades levam os mercados a alocar os recursos de forma ineficiente (Mankiw, 2011). Os problemas práticos referentes às externalidades geralmente surgem por conta da má definição dos direitos de propriedade (Varian, 2006).

A externalidade é um fenômeno que pode ocorrer entre os consumidores, firmas e entre combinações de ambos. Costa (2005) afirma que a compreensão do conceito de externalidade demonstra a ideia que a sociedade faz dos recursos naturais. Por usufruir desses bens de forma gratuita, a sociedade não atribui o valor correto a eles.

Segundo Varian (2006), as soluções para as externalidades incluem a utilização das taxas de Pigou, o estabelecimento de mercados para as externalidades, além de transferências de direitos de propriedade, já que a troca entre os agentes resultaria na alocação eficiente da externalidade. O Estado deve assegurar a boa definição dos direitos de propriedade para que as trocas geradoras de eficiência possam ocorrer.

3.3.2.3 Taxa Pigouviana

“As externalidades negativas fazem com que os mercados produzam uma quantidade maior do que a socialmente desejável. As externalidades positivas fazem com que os mercados produzam uma quantidade menor do que a socialmente desejável. Para solucionar esse problema, o governo pode internalizar a externalidade tributando bens que carreguem externalidades negativas e subsidiando os bens que trazem externalidades positivas (Mankiw, 2011, p. 199).”

A Taxa Pigouviana, originada do trabalho do Economista Arthur Cecil Pigou, *The Economics of Welfare* (1920), estabeleceu as diferenças entre os custos marginais privados e sociais. Além disso, defende a intervenção do Estado por meio da tributação para corrigir falhas de mercado e internalizar externalidades, fazendo com que os custos marginais do produtor sejam incorporados aos seus custos e não repassados para a sociedade de forma indiscriminada. Assim, o valor da taxa a ser recolhida pelo poluidor sobre a unidade de poluição emitida deveria ser igual ao custo marginal social das emissões.

Trata-se de uma política de caráter econômico para os controles dos níveis de poluição pela imposição de taxas sobre a emissão de poluentes. O valor dessa taxa deve ser igual ao custo marginal social da poluição em seu nível ótimo de emissão sobre a unidade de poluição emitida, ou seja, a aplicação da taxa sugerida por Pigou igualaria o custo marginal imposto à sociedade, passando o fabricante a assumir o total dos custos de produção. (Costa, 2005).

Então, para Costa (2005) a Taxa Pigouviana atinge seu objetivo de redução dos níveis de poluição, minimizando os custos para a sociedade e, além disso, estimula a busca de tecnologias menos poluentes por parte do setor produtivo, que buscará o não aumento de custos.

3.3.2.4 Teorema de Coase

Ronald H. Coase, em 1960, publicou o trabalho *“The problem of social cost”*, que contraria as ideias de Pigou, amplamente adotadas na época, onde os custos sociais eram originados por falhas de mercado e deviam ser corrigidos pelo Estado por meio de medidas impostas aos causadores do impacto. Para Coase (1960), o problema das externalidades tinha origem na indefinição dos direitos de propriedade e na ausência de mercados que possibilitassem a internalização dos custos. A solução deveria ser pensada a partir da natureza recíproca do problema, com direitos de propriedade bem definidos já que, a partir dessa definição e, desde que haja uma negociação sem custos de transação entre as partes, as externalidades podem ser corrigidas.

O Teorema de Coase propõe a negociação entre os agentes que poluem e os que sofrem seus efeitos, a fim de chegar a um ponto ótimo pelo Critério de Pareto. Então, se os agentes econômicos puderem negociar sem

custos de transação (custos que as partes incorrem no processo de negociação) a alocação de recursos e, desde que os direitos de propriedade sejam bem definidos, eles poderão solucionar o problema das externalidades de uma forma eficiente. A livre negociação entre as partes deve levar as externalidades ao nível ótimo (Costa, 2005; Mankiw, 2011).

Mas, para que ocorressem essas negociações, seriam necessários, por exemplo, mercados para negociar as externalidades, como, por exemplo, a poluição. E, segundo Costa (2005) um dos maiores obstáculos para a implementação desses mercados é que os agentes consideram os recursos naturais como bens públicos, gratuitos e infinitos, de direito de todos e de responsabilidade do Estado. A seguir serão definidos os bens públicos para melhor entendimento desse aspecto.

3.4 Os bens públicos

Os bens públicos, de acordo com Mankiw (2011), são os bens que não são excludentes, que ninguém pode ser impedido de usar e que não são rivais, ou seja, sua utilização não impede que outro também o faça.

Varian (2006) define os bens públicos com “aqueles dos quais toda pessoa tem que consumir a mesma quantidade, como a poluição do ar”.

O meio ambiente é um bem de uso comum do povo, além de ser um bem público que deve ser utilizado e também preservado por toda a sociedade (Costa, 2005).

Para que a provisão de um bem público seja eficiente no sentido de Pareto, a soma da propensão a pagar, ou preços de reserva, devem exceder os custos do bem (Varian, 2006). É possível produzir bens públicos de forma eficiente, mas como os indivíduos desconhecem o valor desses bens, acabam subestimando seu valor e utilizando além do necessário, sem qualquer preocupação em limitar seu consumo, o que leva à produção ineficiente desses bens (Costa, 2005).

Na economia, o uso inadequado e excessivo dos recursos de propriedade comum é chamado de “A tragédia dos comuns”, termo originado em um trabalho publicado, em 1968, pelo biólogo Garret Gardin, onde ele determinou que a causa da maioria dos problemas ambientais é a utilização inadequada dos recursos comuns. Como os recursos ambientais não possuem propriedade

definida e não há cobranças pelo seu uso, a tendência é sua utilização até o limite de escassez (Costa, 2005).

Então, o maior problema dos bens públicos é a atribuição de valores diferentes que cada um lhes dá, causando a produção ineficiente desses bens. Essa produção será escassa para quem atribui maior valor e excedente para quem lhes atribui menor valor, causando seu consumo excessivo por conta do comportamento *free rider*, onde os agentes econômicos se beneficiam de bens ou serviços enquanto esses forem gratuitos (Costa, 2005).

3.5 A economia do bem-estar e sua ligação com o a Economia Ambiental

A economia do bem-estar é o estudo de como a alocação de recursos afeta o bem-estar econômico. O bem-estar das pessoas é medido por todas as suas formas de consumo e também de amenidades de origens recreacionais, políticas, culturais e também ambientais. No caso dos investimentos públicos que têm por objetivo a provisão de bens e serviços que visam o aumento do bem-estar das pessoas, as decisões governamentais de uso desses recursos podem ser auxiliadas por uma análise social de custo-benefício, que atribui uma valoração social a todos os efeitos de um determinado projeto, investimento ou política (Motta, 1998).

A definição dessa valoração social é a incorporação dos efeitos positivos, como benefícios, e dos negativos, como custos. E, para que seja possível uma comparação, torna-se necessária a expressão desses efeitos em uma unidade comum, como a monetária (Motta, 1998).

Da determinação dos custos e benefícios sociais, base da teoria microeconômica do bem-estar, derivam os métodos de valoração monetária dos recursos ambientais, em que a análise de custo-benefício considera também os valores sociais dos bens e serviços, refletindo desta forma as variações de bem-estar e não somente valores de mercado (Motta, 1998).

3.6 A importância da valoração ambiental

Para que haja uma melhor alocação dos recursos ambientais, é importante que se faça uma avaliação econômica adequada dos bens e serviços ambientais. As estimativas monetárias são um instrumento dessa medição, já que o dinheiro é uma unidade de medida conveniente. Quando, por algum motivo,

não se consegue fazer uso do dinheiro para a valoração, as escolhas devem ser feitas em contextos de recursos escassos (Pearce *et. al.*, 1991).

Estimar o quanto vale o meio ambiente incluindo esses valores na análise econômica é uma forma de tentar corrigir as tendências negativas do livre mercado (Mattos e Mattos, 2004).

As abordagens para a mensuração econômica dos benefícios ambientais podem ser classificadas como técnicas diretas e indiretas. A primeira considera os ganhos ambientais medindo o valor monetário desses ganhos por intermédio de um mercado substituto ou pelo uso de técnicas experimentais. Os procedimentos indiretos calculam relações dose-resposta como, por exemplo, estimar a relação entre a “dose” (poluição) e os efeitos não monetários “resposta” (problemas de saúde). Algumas melhorias ambientais podem aparecer na forma de efeitos que possuem valores monetários diretos, como, por exemplo, reduções nas emissões de enxofre que reduziriam a corrosão metálica das edificações, reduzindo o custo de manutenção ou substituição das partes metálicas. As melhorias na saúde humana podem aparecer, por exemplo, na redução da busca por serviços médicos decorrente de menos problemas respiratórios que resultaram da redução de emissões de gases poluentes. Esses exemplos mostram algumas das formas de avaliação monetária dos ganhos de bem-estar advindos de melhorias ambientais. No entanto, alguns ganhos podem aparecer de forma indireta. Em casos onde não existam mercados aparentes, ainda há a preferência pelo ganho ambiental que precisa ser medida (Pearce *et. al.*, 1991).

As preferências para as melhorias ambientais podem aparecer de várias maneiras. De forma mais simples, o que se busca é saber quanto as pessoas estariam dispostas a pagar para preservar ou melhorar o meio ambiente, ou ainda, a vontade dos indivíduos de aceitarem a perda. Essas medidas irão expressar não apenas a preferência, mas também a intensidade dela. Pode-se dizer que as medidas monetárias se tornam um forte argumento na defesa da qualidade ambiental (Pearce *et. al.*, 1991).

A quantificação monetária permite também a comparação dos ganhos/perdas ambientais com outros benefícios monetários decorrentes do uso alternativo dos recursos. Então, nesse caso, a melhor opção é a que traz o melhor benefício líquido, ou seja, mais benefícios sobre os custos sem prejuízo a outras considerações, como o interesse das gerações futuras (Pearce *et. al.*, 1991). A

internalização dos custos ambientais é uma fase importante, que tem o intuito de controlar o uso dos recursos e serviços naturais. O consumidor pagaria o custo real do que estiver consumindo (Mattos e Mattos, 2004).

Essa comparação entre os custos e benefícios de duas ou mais opções é conhecida como Análise Custo-Benefício, onde as decisões devem ser baseadas em algumas ponderações das vantagens e desvantagens de uma ação. Essa abordagem tem o dinheiro como ferramenta de medição, (Pearce *et. al.*, 1991).

Segundo Motta (1998), a análise custo-benefício (ACB) é a ferramenta econômica mais utilizada na determinação de prioridades, quando se avaliam políticas a serem implementadas com o objetivo de comparar os custos (o bem-estar que se deixou de ter em função da alternativa escolhida) e benefícios (impacto positivo no bem-estar) das alternativas disponíveis em termos monetários. A partir dessa análise, o gestor pode adotar a política que maximize a utilização dos recursos disponíveis otimizando, dessa forma, o bem-estar social.

A importância dos métodos de valoração ambiental vai além do dimensionamento dos impactos ambientais e sua internalização, pois evidencia os custos e benefícios da expansão das atividades humanas no meio ambiente (Mattos e Mattos, 2004).

Motta (1998) afirma que,

“...é válido mencionar que a valoração de alguns benefícios de um dado investimento em biodiversidade pode ser suficiente para demonstrar que estes benefícios, mesmo subvalorizados, já estão excedendo os custos. Apesar disto não ser suficiente para assegurar que a sociedade está adotando a melhor alternativa de uso de seus recursos econômicos, os tomadores de decisão podem, pelo menos, garantir que a eficiência econômica não decrescerá em função desse investimento ambiental (Motta, 1998 p. 19)”.

Segundo Mattos e Mattos (2004), os métodos de valoração ambiental são importantes não só pela necessidade de dimensionamento dos impactos ambientais, internalizando-os à atividade econômica, mas também, para tornar evidentes os custos e benefícios decorrentes das atividades humanas na economia.

Assim, a valoração econômica dos recursos ambientais será abordada mais detalhadamente no capítulo a seguir, a fim de ser utilizada como ferramenta para a obtenção dos custos ambientais das fontes de energia analisadas neste trabalho.

4 METODOLOGIA PARA OS CÁLCULOS DOS CUSTOS AMBIENTAIS

O modelo de fornecimento de energia elétrica brasileiro é baseado na geração de grandes blocos de energia, conectados à rede de distribuição. Esse modelo torna regiões de baixa densidade populacional e povoamento esparsos, como é o caso de algumas localidades da região Nordeste brasileira, áreas com baixos índices de eletrificação, já que é economicamente inviável levar a rede convencional a essas regiões. Por conta disso, a eletrificação nessas regiões remotas baseia-se basicamente em sistemas isolados com geradores diesel, pouco eficientes, de custo elevado e com alto custo ambiental. O óleo diesel é a principal fonte energética utilizada nas comunidades não eletrificadas (Coelho et al., 2005). Por isso ele será a fonte base a ser considerada para as análises dos custos ambientais que serão devidamente explicados nesse capítulo.

O processo de poluição atmosférica começa com a emissão de poluentes primários por fontes naturais ou é provocado pela atividade humana. À medida que poluentes são transportados pelo ar, combinações entre eles ocorrem formando poluentes secundários. Os principais poluentes do ar podem ser classificados em: compostos de enxofre, nitrogênio e halogenados, compostos de carbono (monóxido e dióxido de carbono) e material particulado (Motta e Mendes, 1995).

Motta e Mendes (1995) definem a poluição do ar como:

“a presença de um ou mais contaminantes na natureza, em quantidades que podem comprometer a qualidade deste recurso, tornando-o impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem estar público, danoso aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (Motta e Mendes, 1995, p. 166).”

Nesse capítulo são fornecidas as bases para os cálculos das externalidades que terá como foco a poluição atmosférica causada por geradores diesel na região estudada em comparação com as fontes eólica, solar e biomassa. Também serão descritas a Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA) e a forma adotada nesse trabalho para o seu cálculo.

4.1 A valoração econômica dos recursos ambientais (VERA)

O valor econômico dos recursos ambientais é originado a partir de todos os seus atributos que podem ou não estar associados a algum uso. Então,

pode-se dizer que a Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA) é determinada por (Motta, 1998):

- valores de uso (VU), composto por valor de uso direto (VUD), valor de uso indireto (VUI) e valor de opção (VO);
- valor de não-uso (VNU), que representa o valor de existência do bem (VE).

Então, Motta (1998) define o VERA com a equação (4.1):

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE \quad (4.1)$$

Onde, de acordo com Motta (1998) e Mattos e Mattos (2004):

- Valor de uso direto (VUD): determinado pela contribuição direta do recurso ambiental no processo de produção e consumo. É o recurso que pode ser consumido ou utilizado diretamente, como a biomassa, alimentos ou atividades de produção ou consumo diretos;
- Valor de uso indireto (VUI): mede os benefícios derivados dos serviços proporcionados pelo meio ambiente para o suporte dos processos produtivos e de consumo, apoiando as atividades econômicas e de bem-estar da sociedade. Trata-se de benefícios, tais como funções ecológicas, manutenção da diversidade e prevenção de erosão;
- Valor de opção (VO): valor que os consumidores estão dispostos a pagar por um recurso natural que não faz parte dos processos produtivos para evitar sua extinção. Está baseado em quanto as pessoas estão dispostas a pagar pela opção de preservação de um dado bem ou recurso para uso futuro como, por exemplo, a biodiversidade ou as propriedades medicinais de plantas ainda não descobertas.
- Valor passivo ou valor de existência (VE): é um valor atribuído à existência do meio ambiente, independentemente de seu uso como, por exemplo, o de espécies em extinção. Relaciona-se à preservação, à existência de espécies e riquezas naturais.

Para encontrar o VERA, vários métodos são possíveis. Todos os métodos para a valoração ambiental possuem limitações, e a adoção de um método dependerá do objetivo da valoração, das hipóteses assumidas, da disponibilidade dos dados e da dinâmica do bem valorado (Motta, 1998).

Mattos e Mattos (2004) categorizam os métodos de valoração ambiental em métodos diretos, relacionados aos preços de mercado e à produtividade, tendo como base as relações físicas de causa e efeito, além de métodos indiretos, aplicados quando a valoração não pode ser feita pelo comportamento do mercado.

Em casos onde os efeitos ambientais são localizados ou específicos é possível medir seus impactos negativos de forma direta, como a perda de energia gerada pela queima da cana-de-açúcar, que pode ser medida pela produção perdida, como foi feito no trabalho de Mattos e Mattos (2004).

No trabalho de Motta (1998), uma forma de obtenção do VERA, demonstrada por um estudo de caso, utilizou o Método dos Custos Evitados. Nesse caso, os métodos de investigação revelaram apenas valores de uso, e foi possível constatar que o VU foi suficiente para viabilizar os investimentos previstos. A seguir, será descrita a metodologia adotada nesse trabalho para a obtenção do VERA.

4.2 Metodologia para a obtenção do VERA e dos custos ambientais das fontes alternativas de energia

Nesse estudo será feita uma análise dos custos evitados ao meio ambiente pela substituição de geradores de eletricidade movidos a óleo diesel por fontes alternativas de energia (solar, eólica e biomassa).

Inicialmente serão descritas as emissões de gases poluentes ao meio ambiente, originadas pelos geradores diesel quando da produção de eletricidade. Esses valores serão convertidos para valores monetários para encontrar o VERA do ar poluído por essa fonte, então serão comparados com os cálculos do VERA para as fontes alternativas de energia aqui estudadas (solar, biomassa e eólica).

O custo ambiental será obtido subtraindo-se o valor encontrado para a fonte alternativa analisada do valor encontrado para o VERA do ar poluído pelo diesel. Se o valor calculado for negativo, o impacto dessa fonte alternativa é benéfico, ou seja, se trata de uma externalidade positiva. Caso o valor desse

cálculo seja positivo, o impacto dessa fonte será adverso, ou seja, se trata de uma externalidade negativa.

Inicialmente, será feita uma análise sobre as emissões de gases de efeito estufa, as emissões geradas pelo óleo diesel, as possibilidades do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e a venda de Certificados de Redução de Emissões (CER's). Esses dados são necessários para a obtenção do VERA pela metodologia aqui adotada.

4.3 Análise das emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Alvim et al. (2010) avaliaram as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em toneladas equivalentes de CO₂ por unidade de energia elétrica (MWh) de diversas fontes de energia com o intuito de compará-las. Os autores adotam como metodologia de avaliação das emissões no ciclo de geração de eletricidade, um processo de aproximações sucessivas para emissões diretas e indiretas para todas as fases da produção de eletricidade. Para essa dissertação, serão consideradas apenas as emissões da fase de geração de eletricidade, que consideram as emissões diretas da produção, que serão descritas a seguir.

As emissões indiretas são aquelas que se relacionam com a fabricação de equipamentos e obtenção de insumos, fora do ciclo ou das instalações. As emissões diretas na geração de eletricidade são aquelas que resultam da utilização do combustível e englobam: o CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), NMVOCs (compostos orgânicos voláteis com exceção do metano), CO (carbono) e N₂O (óxido nitroso). As emissões são convertidas em CO₂ equivalente seguindo o critério adotado pelo *Global Warming Potential* (GWP) (Alvim et al., 2010).

O critério utilizado pelo GWP (ou Potenciais de Aquecimento Global), criado pelo IPCC em 1990, e adotado para utilização no Protocolo de Quioto, considera a conversão da emissão de um pulso de 1kg de algum composto a 1kg do gás de referência, no caso foi adotado o CO₂. Esse critério foi adotado para corrigir algumas dificuldades encontradas na definição de uma métrica geral de emissões (Solomon et al., 2007).

Os cálculos das emissões feitos por Alvim et al. (2010) foram apurados a partir de dados do Balanço Energético Nacional (BEN) e, também a partir da utilização de dados internacionais adaptados, quando possível, para a realidade

brasileira. Os coeficientes de emissão utilizados por esses autores foram preferencialmente os utilizados no Inventário Brasileiro de Emissões.

Na TAB. 4.1 são apresentadas as emissões referentes à fase de geração de eletricidade, estimadas para algumas fontes de energia. As emissões são apresentadas em $\text{gCO}_2\text{eq/kWh}_{\text{el}}$, equivalente a $\text{tCO}_2\text{eq/GWh}_{\text{el}}$.

TABELA 4.1 – Emissões referentes à fase de geração de eletricidade

Fonte de energia	Emissões totais na fase de geração ($\text{gCO}_2\text{eq/kWh}_{\text{el}}$)
Óleo Diesel	755
Óleo Combustível	725
Carvão	1262
Gás Natural	465
Nuclear	0,8
Eólica	5,4
Fotovoltaica	0

Fonte: Alvim et al. (2010).

De acordo com a TAB 4.1, o óleo diesel é a segunda fonte mais poluidora em termos de emissões de GEE para a atmosfera, perdendo apenas para o carvão. Essa fonte emite $755 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}_{\text{el}}$, que é um valor alto e de grande impacto para o meio ambiente, principalmente quando comparado a fontes alternativas como a solar fotovoltaica, de emissão zero.

Os valores dessa tabela servirão como base para os cálculos do VERA desse trabalho.

4.4 O mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) e sua contribuição para a análise dos custos ambientais

No Protocolo de Quioto, firmado em 1997, no Japão, os países desenvolvidos comprometeram-se a limitar ou reduzir suas emissões antrópicas. Excluiu-se desse tratado os Estados Unidos, que promulgaram uma resolução no mesmo ano definindo a sua não adesão a protocolos ou compromissos de redução de emissões, a não ser que esses compromissos também fossem impostos aos países em desenvolvimento (Silva et al., 2000).

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), presente no protocolo

de Quioto, possibilita a captação de recursos internacionais para projetos que possam colaborar para a redução dos impactos ambientais causados pelo efeito estufa. O MDL é um mecanismo que consiste na certificação de projetos de redução de emissões e sequestro de carbono em países em desenvolvimento, bem como na venda desses certificados para países desenvolvidos, a fim de que os países atinjam suas metas de redução de emissões. Os países em desenvolvimento que implementarem o MDL emitirão Certificados de Redução das Emissões (CER, do inglês *Certified Emission Reduction*) que serão utilizados pelos países desenvolvidos para cumprirem suas metas de redução das emissões, acordadas no Protocolo de Quioto (Silva et al., 2000). Os projetos de MDL só serão considerados se as emissões antropogênicas de GEE forem menores do que as emissões que ocorreriam no caso da não existência do projeto inserido no MDL, ou ainda, se o sequestro de carbono com a implementação do projeto fosse maior do que sem ele (IPEA, 2011).

Então, para cada unidade métrica de carbono reduzida por meio do projeto inserido no MDL, será creditado um crédito de carbono (CER) a ser comercializado (IPEA, 2011). A unidade de carbono será calculada conforme metodologia GWP já descrita anteriormente, onde é feita a uniformização dos diferentes GEE em termos de CO₂ equivalente.

Pela intensificação desse mercado, o Banco Mundial (BIRD) criou um fundo para as transações envolvendo créditos de carbono em um montante de US\$ 150 milhões. Silva et al. (2000) afirmam que, no Brasil, existem expectativas de novos mercados e instrumentos financeiros que viabilizem essas transações.

Segundo o IPEA (2011), o intervalo de variação dos preços para a redução de emissões é muito elevado. Este intervalo de variação para o preço do carbono no mercado de MDL, por meio da utilização dos CER's, está entre US\$ 3,00 e US\$ 7,00. Devido a esta variação nos preços, nesta dissertação será adotado o valor médio entre o mínimo e máximo praticado no mercado, ou seja, US\$ 5,00 por tonelada de CO₂ equivalente.

Os cálculos serão demonstrados em reais (R\$) neste trabalho. Para isso, o valor médio de comercialização das CER's será convertido de dólares para reais. Será utilizada a cotação do dólar americano (US\$) de fechamento da PTAX

dada pelo Banco Central do Brasil¹, que é dada pela média aritmética das taxas de compra e venda dos boletins do dia. Será adotada a taxa de fechamento do dia 10/09/2013 no valor de R\$ 2,2779 (cotação de venda).

Observa-se, então, que a comercialização dos CER na substituição de fontes fósseis por fontes alternativas de energia podem contribuir de forma positiva nos estudos de viabilidade destas fontes.

Para os estudos de viabilidade aqui apresentados, serão considerados, para a avaliação de externalidades e custos ambientais, a possibilidade da venda de créditos de carbono. O mercado internacional de créditos de sequestro ou redução de emissões de carbono tem como expectativa chegar a montantes em torno de US\$ 20 bilhões ao ano em todo o mundo.

A partir dessas informações é possível calcular o VERA do ar poluído pelos GEE, a partir das emissões de vários combustíveis e, desta forma, obter os custos evitados pela substituição destas fontes por outras menos poluentes.

Então, será calculado o VERA do ar poluído pelos GEE a partir das emissões do óleo diesel e, desta forma, será obtido o custo evitado pela substituição desta fonte por outras menos poluentes: solar, biomassa e eólica para todos os municípios da região nordeste do país, com população entre 1.000 e 10.000 habitantes. Para isso, um banco de dados foi desenvolvido, considerando os dados referentes aos municípios analisados, englobando o número de habitantes, densidade populacional do município, extensão territorial e o número de famílias estimadas com 5 pessoas no município, em média. Os dados foram obtidos junto ao IBGE (2013).

¹ <http://www4.bcb.gov.br/pec/taxas/port/ptaxnpeq.asp?id=txcotacao>

5 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Os conceitos de avaliação financeira e avaliação econômica são bem distintos dentro da ciência econômica, sendo a distinção mais objetiva a ótica pela qual são feitas as avaliações.

A avaliação financeira, desenvolvida sob o ponto de vista privado, compara benefícios privados diretos de um projeto com seus custos monetários diretos, utilizando instrumentos financeiros, sintetizando receitas e custos esperados, e enfatizando uma maior rentabilidade possível (Vital et al., 2011).

Na avaliação econômica, tem-se uma visão pública da formulação de políticas de interesse nacional, levando em consideração na análise os efeitos indiretos e as externalidades. Na análise econômica as externalidades positivas são incorporadas aos benefícios e, as negativas, aos seus custos. Os instrumentos de análise econômica estão baseados na Economia do Bem-Estar (Vital et al., 2011).

A partir desta conceituação, são desenvolvidos os cálculos de viabilidade econômica das fontes alternativas de energia aqui estudadas: solar, biomassa e eólica. Inicialmente, será feita uma breve descrição das normas que regem a gratuidade no fornecimento de energia. O dimensionamento de todos os sistemas foram feitos respeitando os limites impostos nas normas descritas a seguir.

5.1 Definições gerais para os sistemas

Todos os sistemas serão projetados visando atender ao disposto nas normas ANEEL 83/2004 SIGFI para sistemas individuais (ANEEL, 2004) e ANEEL 493/2012 MIGDI (ANEEL, 2012), para minirredes. Este procedimento foi adotado para enquadrar o trabalho ao Programa Luz para Todos, que prevê gratuidade do fornecimento de energia de até 80 kWh por residência.

A Resolução Normativa ANEEL 83/2004 estabelece os procedimentos e condições do fornecimento de energia por meio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI) e a Resolução Normativa ANEEL 493/2012 estabelece os procedimentos e condições de

fornecimento de energia a partir de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou SIGFI (ANEEL, 2004 e 2012).

De acordo com a norma da ANEEL 83/2004 (ANEEL, 2004) para a implementação do programa Luz para Todos serão consideradas para o atendimento ao público alvo “tanto a extensão de redes convencionais, como sistemas de geração descentralizados, com redes isoladas ou sistemas individuais” para a universalização dos serviços de energia elétrica e suas características exigem uma regulamentação específica.

Os sistemas implementados devem estar enquadrados em uma das classes de atendimento explicitadas nas normas citadas, que variam de uma disponibilidade mensal garantida entre 13 e 80 kWh/mês para cada unidade consumidora. A disponibilidade mensal garantida é a quantidade mínima de energia que o SIGFI/MIGDI é capaz de fornecer à unidade consumidora em qualquer mês. Além disso, a geração de energia se dará a partir de fontes de energia intermitentes, recursos energéticos renováveis que não podem ser armazenados em sua forma original, para fins de conversão em energia elétrica.

Então, o SIGFI é o sistema de geração de energia elétrica, implantado que utiliza exclusivamente fontes de energia intermitentes. Este sistema fornece energia para uma única unidade consumidora e é constituído por um sistema de geração, que converte a energia primária em energia elétrica, um sistema de acumulação, que acumula a energia gerada para uso em momentos de indisponibilidade ou insuficiência da fonte, e um sistema condicionador, ou sistemas de conversão.

O MIGDI é um microssistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica com potência instalada total de geração de até 100 kW.

Os sistemas (SIGFI ou MIGDI) devem ser instalados pela distribuidora de energia.

A partir destas informações, os sistemas foram dimensionados para atender a legislação vigente e assim enquadrar a pesquisa na gratuidade do fornecimento de eletricidade. A seguir serão detalhados os sistemas de geração solar com as suas respectivas características, tecnologias, custos e cálculos de viabilidade.

Assim, os cálculos de viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica seguem as normas descritas. Todos os sistemas serão projetados

visando atender ao disposto nas normas e terão internalizados os custos ambientais gerados e calculados pelo método dos custos evitados pela substituição de geradores diesel pela fonte analisada.

Para a energia solar fotovoltaica, foram considerados sistemas em minirredes e também sistemas isolados.

5.2 Energia solar fotovoltaica

A geração de energia fotovoltaica (FV) é a conversão direta da luz solar em eletricidade. Em diversas áreas mais remotas, os sistemas autônomos de energia FV são as únicas formas de geração de eletricidade viáveis. As células solares apresentam pouca ou nenhuma poluição associadas ao seu uso e possuem montagem rápida, cerca de 1-2 anos (Hinrichs e Kleinbach, 2003).

Atualmente, a maior parte das células em uso é feita de monocristal de silício. Células solares individuais são eletricamente conectadas a placas planas e estes arranjos fornecem 47 W a 12 V sob insolação plena. Em escalas menores, células individuais podem ser conectadas em série ou paralelamente. A saída é em corrente contínua (CC) e seu armazenamento pode ser feito por meio de baterias, sendo necessário um estabilizador para evitar sobrecargas e um inversor, para demandas de corrente alternada (CA) (Hinrichs e Kleinbach, 2003). A FIG. 5.1 exemplifica uma instalação residencial fotovoltaica.



Fonte: NEOSOLAR (2013)

FIGURA 5.1 – Sistema FV residencial

A utilização da energia solar, segundo Pereira et. al. (2006), traria vários benefícios em longo prazo. Ela viabilizaria o desenvolvimento de regiões remotas do país, onde os custos de uma rede convencional seriam muito altos e regularia a oferta de energia nos períodos de estiagem. Além disso, reduziria a dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para a redução da emissão de poluentes oriundos da geração de energia.

O aproveitamento da energia solar abrange desde pequenos sistemas isolados autônomos até grandes centrais concentradas. No entanto, essa fonte ainda possui uma pequena participação na matriz energética do país, sendo mais utilizada como fonte solar térmica para o aquecimento de água (Pereira et al., 2006).

Ainda segundo Pereira et al. (2006), o aproveitamento do potencial econômico dessa fonte depende do desenvolvimento de tecnologias competitivas, para a conversão e o armazenamento da mesma, além do cunho científico sobre o aproveitamento da fonte.

5.2.1 A energia solar no Brasil

Os dados dos mapas solarimétricos utilizados nessa dissertação foram extraídos do Atlas Brasileiros de Energia Solar (Pereira, et al., 2006). Os mapas apresentam os valores médios das estimativas dos totais diários de irradiação solar em uma década de estudos (entre julho de 1995 e dezembro de 2005), com resolução espacial de 10 km x 10 km (ANEXO A).

No ANEXO A.1, o mapa apresenta a média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro. Mesmo com as diferenças climáticas nas diversas regiões brasileiras, essa média apresenta boa uniformidade, sendo o maior índice encontrado no norte do estado da Bahia, 6,5 kWh/m². A menor irradiação solar global foi a encontrada no litoral norte de Santa Catarina, 4,25 kWh/m².

O ANEXO A.2 apresenta os mapas de médias sazonais da irradiação global diária para cada uma das estações do ano (Pereira, et al., 2006).

5.2.2 A energia solar no Nordeste brasileiro

O Nordeste brasileiro é o local do país onde o potencial anual médio de energia solar é de 5,9 kWh/m², que é o maior valor do país. Esse valor, no plano inclinado, é de 5,8 kWh/m² (Pereira, et al., 2006). Assim, é a região com maior disponibilidade energética de fonte solar.

De acordo com Pereira et al. (2006), o Nordeste é a região que apresenta a menor variabilidade interanual das médias anuais do total diário de irradiação solar global na superfície. Esse valor ficou entre 5,7 e 6,1 kWh/m².

5.2.3 Viabilidade econômica da energia solar fotovoltaica considerando seus custos ambientais

A metodologia adotada para o cálculo dos custos da energia fotovoltaica considerou a vida útil do sistema, gerando energia elétrica por 30 anos, devido à vida útil dos painéis fotovoltaicos. O período de vida útil dos componentes dos sistemas foi considerado 5 anos para banco de baterias e 10 anos para controladores de carregamento e inversores de frequência. Dessa forma, o custo de um sistema fotovoltaico leva em consideração o valor inicial dos equipamentos e suas substituições ao final da vida útil que são: 1 vez, o custo dos painéis solares, 6 vezes, o custo do banco de baterias, 3 vezes, o custo dos controladores de carga e 3 vezes, o custo dos inversores de frequência, além dos componentes de suporte considerados no trabalho (Shayani et al., 2006).

As adequações nos cálculos e nas especificações do sistema solar fotovoltaico foram feitas mediante esclarecimentos obtidos junto ao pesquisador do grupo de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo (IEE/USP), Dr. Roberto Zilles².

O Dr. Roberto Zilles é professor do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, membro do Editorial Board da Revista Progress in Photovoltaics: Research and Applications e chefe da Divisão Científica de Energia e Ambiente do IEE/USP. Além disso, possui diversos projetos de pesquisa desenvolvidos relacionados à sistemas fotovoltaicos.

Para esse trabalho, serão considerados sistemas fotovoltaicos em minirredes e em sistemas isolados.

² Entrevista feita com o Dr. Roberto Zilles em outubro de 2012 nas dependências do IEE/USP.

Neste estudo, a energia que será gerada utilizando-se minirredes abastecerá quatro residências com 50 kWh/mês cada, totalizando 200 kWh/mês. No caso dos sistemas isolados, cada sistema abastecerá apenas uma residência com 80 kWh/mês, pois foram obtidos o orçamento dos componentes por meio da Kyocera Solar para esta configuração.

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, considera-se a energia disponível em um determinado período no local onde será implementado. A irradiação solar é dada em kWh/m² que é convertida em Horas de Sol Pleno (HSP) para os cálculos. O HSP, segundo Barreto (2008), é dado pelo número de horas de sol em média diária com uma intensidade de 1.000 W/m², sendo equivalente ao valor total diário incidente na superfície do gerador em kWh/m². Então, considerando que a irradiação solar máxima na superfície terrestre seja de 1.000 W/m², um HSP é a energia recebida com essa irradiância durante uma hora. O valor de HSP em um dia é calculado dividindo-se a energia recebida em kWh/m² pelo nível de irradiância de pico, 1.000 W/m² (Barreto, 2008).

De acordo com a região demográfica, o valor médio diário anual de HSP varia entre 4 e 6 (Barreto, 2008). Para esse estudo, será considerado o valor de HSP médio da região nordeste do Brasil. De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar (Pereira et al., 2006) o potencial anual médio de energia solar para o Nordeste brasileiro, que é a região do país que apresenta a maior disponibilidade desta fonte, é de 5,9 kWh/m², ou seja, 5,9 HSP (ANEXO A.1).

De acordo com Zilles, não é necessário considerar a área das placas dos painéis fotovoltaicos para os cálculos, e, também, o Fator de Capacidade, que é o mais difícil de ser obtido por necessitar de fatores de geração e também de consumo específicos. Para os cálculos foram adotados o Fator de Segurança do sistema de 1,25, o desempenho total do sistema (PR) de 0,75, que leva em conta todas as perdas do sistema (baterias, inversores e aproveitamento solar), o HSP da região e a Potência nominal (P_N) do sistema fotovoltaico. A seguir, os cálculos para as minirredes e para sistemas isolados serão demonstrados.

5.2.3.1 Equações e cálculos para as minirredes

A geração de energia para um dia por meio de um sistema fotovoltaico é dada pela equação (5.1):

$$E_{FV1dia} = P_N \cdot HSP \cdot PR \quad (5.1)$$

Onde:

E_{FV1dia} = energia do sistema solar fotovoltaico para 1 dia (kWh);

P_N = potência nominal (W ou kW);

HSP = número de horas de sol pleno (h);

PR = desempenho total do sistema.

As minirredes com potência de pico de 2160 Wp ($P_N = 2,16$ kWp) fornecem 200 kWh/mês para quatro famílias de cinco pessoas cada (50 kWh/mês por família).

Para o caso das minirredes, o valor da $E_{FV1dia(mr)}$, obtido pela equação (5.1) é de:

$$E_{FV1dia(mr)} = 9,558 \text{ kWh}$$

Considerando que o tempo de vida útil desse sistema é de 30 anos, então a $E_{FV30anos}$ é dada pela equação (5.2):

$$E_{FV30anos} = E_{FV1dia} \cdot n_d \cdot n_a \quad (5.2)$$

Onde:

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

n_d = número de dias em um ano;

n_a = número de anos.

Assim, para o sistema em minirredes esse valor é de:

$$E_{FV30anos(mr)} = 104.660,1 \text{ kWh}$$

O custo de um sistema fotovoltaico em minirredes é dado pela equação (5.3), considerando todos os componentes e substituições necessárias por toda a vida útil do empreendimento, conforme sugere a literatura (Shayani et al., 2006).

$$V_{TSS(mr)} = 1 \cdot V_{MF} + 6 \cdot V_B + 3 \cdot V_C + 3 \cdot V_I + 1 \cdot V_{EF} + 1 \cdot V_{AB} + 1 \cdot V_{KI} + 1 \cdot V_{SI} \quad (5.3)$$

Onde:

$V_{TSS(mr)}$ = valor total dos componentes do sistema solar em minirrede em 30 anos;

V_{MF} = valor do conjunto de módulos fotovoltaicos;

V_B = valor do banco de baterias;

V_C = valor do controlador de carga;

V_I = valor do inversor de potência;

V_{EF} = valor da estrutura de fixação;

V_{AB} = valor do armário para baterias;

V_{KI} = valor do kit de instalação;

V_{SI} = valor médio do serviço de instalação do sistema.

A equação (5.4) mostra o número de sistemas necessários para o atendimento à população pelas de minirredes:

$$n_{SS(mr)} = \frac{n^{\circ} hab}{4} \quad (5.4)$$

Onde:

$n_{SS(mr)}$ = número de sistemas solares em minirrede necessários;

$n^{\circ} hab$ = número de habitantes projetados para o município.

A partir desses dados é possível obter calcular a energia total gerada pelos sistemas em 30 anos por meio da equação (5.5).

$$E_{FV30anosT} = E_{FV30anos} \cdot n_{ss} \quad (5.5)$$

Onde:

$E_{FV30anosT}$ = energia total gerada pelos sistemas fotovoltaicos em 30 anos;

n_{ss} = número de sistemas solares.

Os valores de cada um dos componentes para um sistema fotovoltaico serão apresentados na TAB 5.1. As cotações foram feitas no mês de dezembro de 2012, junto a Kyocera Solar (2012).

TABELA 5.1 – Valores dos componentes de um sistema solar fotovoltaico (minirrede) de 200 kWh/mês (MIGDI) para o Nordeste brasileiro

Discriminação	Quantidade	Preço unitário com impostos (R\$)	Preço total com impostos (R\$)
Módulo fotovoltaico KD240 (240Wp)	9	1.222,22	10.999,98
Estrutura de fixação para 9 módulos	1	1.500,00	1.500,00
Controlador de carga MPPT 60/150	1	7.000,00	7.000,00
Bateria Estacionária 150Ah	9	1.000,00	9.000,00
Inversor/Carregador 6048	1	15.000,00	15.000,00
Armário para baterias	1	3.000,00	3.000,00
Kit de instalação	1	9.300,00	9.300,00
Serviço de instalação	1	14.000,00	14.000,00
Preço total de 1 sistema com impostos (R\$)			69.799,98

Fonte: Kyocera Solar do Brasil (2012).

O valor do custo ambiental a ser inserido nos cálculos de viabilidade serão avaliados a partir do custo evitado, que é a diferença entre o custo ambiental do diesel (VERA) e o custo ambiental da fonte em questão.

O VERA do diesel e o VERA da energia solar fotovoltaica podem ser calculados pela equação (5.6):

$$VERA = E_{30anos} \cdot V_{CER} \cdot EmC_{eq} \quad (5.6)$$

Onde:

$VERA$ = valor econômico do recurso ambiental ar poluído pela fonte analisada;

E_{30anos} = energia em 30 anos;

V_{CER} = valor do crédito de carbono;

EmC_{eq} = emissões de carbono equivalente (toneladas).

O valor adotado para cada crédito de carbono foi de US\$ 5,00. A cotação utilizada para o dólar foi de 1US\$ = R\$ 2,2779. As emissões de carbono equivalente utilizadas são as constantes da TAB. 4.1: 755 gCO₂eq/kWh_{EI} (0,000755 tCO₂eq/kwh_{EI}) para o diesel e 0 para a energia solar fotovoltaica.

Então, o custo evitado para o meio ambiente, utilizando a energia solar fotovoltaica, é dado pela equação (5.7):

$$CE_{FV} = VERA_{solar} - VERA_{diesel} \quad (5.7)$$

Onde:

CE_{FV} = custo evitado pela utilização da energia solar fotovoltaica;

Assim, o custo total do empreendimento de energia solar fotovoltaica em 30 anos é dado pela equação (5.8). Nessa equação é inserido o valor obtido da externalidade da fonte de energia em questão para análise da viabilidade econômica.

$$CTE_{FV} = n_{SS} \cdot V_{TSS} + CE_{FV} \quad (5.8)$$

Onde:

CTE_{FV} = custo total do empreendimento da energia solar fotovoltaico (em R\$).

Então, o valor do kWh gerado em 30 anos para um sistema fotovoltaico é obtido pela equação (5.9):

$$V_{kWh(FV)} = \frac{CTE_{FV}}{E_{FV30anosT}} \quad (5.9)$$

Onde:

$V_{kWh(FV)}$ = valor da energia por kWh (R\$/kWh).

A seguir, as equações e cálculos para sistemas isolados serão apresentados.

5.2.3.2 Equações e cálculos para sistemas isolados

Para sistemas isolados com potência de pico total de 1120 Wp (1,12 kWp) que fornecem energia para uma família de cinco pessoas com potência de 80 kWh/mês, o valor da $E_{FV1dia(si)}$, obtido pela equação (5.1), é de:

$$E_{FV1dia(si)} = 4,956 \text{ kWh}$$

Considerando o tempo de vida útil do sistema de 30 anos, então a $E_{FV30anos(si)}$ é dada pela equação (5.2):

$$E_{FV30anos(si)} = 54.268,2 \text{ kWh}$$

O custo do sistema fotovoltaico em sistemas isolados é dado pela equação (5.10) considerando o número de componentes necessários por toda a vida útil do empreendimento, conforme a literatura sugere.

$$V_{TSS(si)} = 1 \cdot V_{MF} + 6 \cdot V_B + 3 \cdot V_C + 3 \cdot V_I + 1 \cdot V_{EF} + 1 \cdot V_Q + 1 \cdot V_{ME} + 1 \cdot V_{SI} \quad (5.10)$$

Onde:

$V_{TSS(si)}$ = valor total do sistema solar isolado em 30 anos;

V_{MF} = valor do conjunto de módulos fotovoltaicos;

V_B = valor do banco de baterias;

V_C = valor do controlador de carga;

V_I = valor do inversor de potência;

V_{EF} = valor da estrutura de fixação;

V_Q = valor do quadro pré-moldado;

V_{ME} = valor do material elétrico para instalação;

V_{SI} = valor médio do serviço de instalação do sistema.

A equação (5.11) demonstra o número de sistemas necessários para o atendimento à população por meio de sistemas isolados:

$$n_{SS(si)} = \frac{n^\circ hab}{5} \quad (5.11)$$

Onde:

$n_{SS(si)}$ = número de sistemas solares isolados necessários;

$n^\circ hab$ = número de habitantes projetados para o município.

Os dados para os cálculos de um sistema isolado são apresentados na TAB. 5.2. As cotações foram feitas no mês de dezembro de 2012 junto a Kyocera Solar (2012).

TABELA 5.2 – Valores dos componentes de um sistema solar fotovoltaico de 80kWh/mês (SIGFI80) para o Nordeste brasileiro (sistema isolado)

Discriminação	Quantidade	Preço unitário com impostos (R\$)	Preço total com impostos (R\$)
Módulo fotovoltaico KD140 (140Wp)	8	900,00	7.200,00
Estrutura de fixação para 4 módulos	2	2.651,61	5.303,22
Controlador de carga Tristar 45 12V/45 ^a	2	530,48	1.060,96
Bateria DF2500 165Ah/100h, 12Vcc	8	757,00	6.056,00
Inversor 1500W 12Vcc/110 ou 220Vca	1	3.237,63	3.237,63
Quadro S80 pré-moldado	1	1.020,43	1.020,43
SIGFI80 material elétrico	1	1.632,26	1.632,26
Serviço de instalação S80	1	7.986,32	7.986,32
Preço total de 1 sistema com impostos (em R\$)			33.496,82

Fonte: Kyocera Solar do Brasil (2012).

O cálculo da energia total gerada em 30 anos pelos sistemas considerados é feito a partir da equação (5.5). Os valores de custo ambiental (o custo evitado) dos sistemas isolados são obtidos a partir da equação (5.7). O custo total do empreendimento, considerando o valor da externalidade, é obtido pela equação (5.8). O valor do kWh gerado em 30 anos para um sistema fotovoltaico é obtido pela equação (5.9).

6 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A BIOMASSA

Os cálculos de viabilidade econômica da energia da biomassa seguem as normas já descritas anteriormente. Todos os sistemas serão projetados visando atender as normas da ANEEL, já citadas no capítulo anterior. Os custos ambientais serão calculados utilizando o método dos custos evitados pela substituição de geradores diesel pela fonte analisada e internalizados no custo total do empreendimento.

No caso da biomassa, serão dimensionados sistemas em minirredes utilizando dois tipos de matérias primas: a biomassa de resíduos agrícolas e o óleo de dendê, em substituição ao óleo diesel.

Uma breve descrição geral da biomassa e de suas principais tecnologias será apresentada e, também, serão demonstradas as metodologias de cálculo para as duas opções de biomassa.

6.1 Biomassa

Pode ser classificada como biomassa qualquer matéria orgânica passível de ser transformada em energia mecânica, térmica ou elétrica. Ela pode ser considerada como uma forma indireta de energia solar, responsável pela fotossíntese, que é base para os processos biológicos das plantas, produzindo energia química que será convertida em outras formas de energia ou em produtos energéticos. A biomassa pode ser florestal, agrícola e também de rejeitos urbanos e industriais. Seus derivados dependem da matéria-prima utilizada e da tecnologia de processamento para a obtenção dos energéticos. O potencial energético é variável conforme a biomassa (ANEEL, 2008).

A biomassa é considerada uma das grandes alternativas para a diversificação da matriz energética no país e no mundo. É uma das fontes de geração de energia com maior potencial de crescimento para os próximos anos, contribuindo para a redução da utilização dos combustíveis fósseis, já que pode ser utilizada para obtenção de energia elétrica e biocombustíveis. A quantidade estimada de biomassa existente na Terra é de 1,8 trilhões de toneladas (ANEEL, 2008).

De acordo com dados da ANEEL (2008), a produção de energia elétrica e de biocombustíveis em larga escala está relacionada à biomassa agrícola, tecnologias eficientes e a existência prévia de uma agroindústria forte, com plantações representativas. Além do Brasil possuir uma forte agroindústria, encontra-se também em uma faixa tropical e subtropical, que é melhor região para a produção de biomassa, possuindo todas as condições para tornar-se um grande produtor de derivados dessa fonte.

Para transformar a biomassa nos diversos energéticos, há diversas técnicas, como: combustão direta para obtenção de calor gerando vapor para produção de eletricidade; a pirólise ou carbonização, que converte um combustível sólido em outro de melhor qualidade; a gaseificação por meio de reações termoquímicas, que transformam combustíveis sólidos em gás; a digestão anaeróbica, que decompõe matéria orgânica em biogás pela ação de bactérias na ausência de ar; a fermentação, que transforma os açúcares das plantas em álcool e gera resíduos aproveitáveis em termelétricas e a transesterificação, que é a reação de óleos vegetais que podem gerar o biodiesel (ANEEL, 2008).

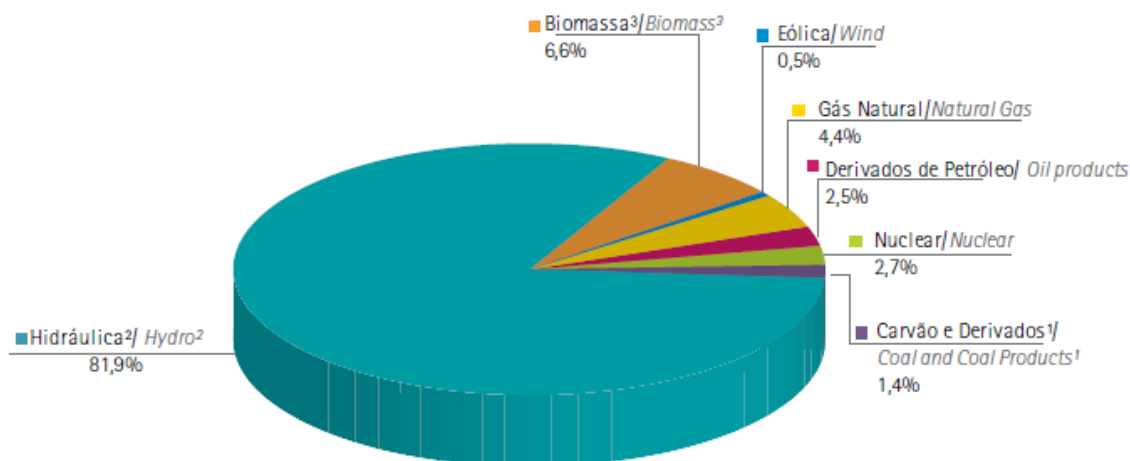
Todas as tecnologias para a obtenção de eletricidade a partir da biomassa preveem a conversão da matéria-prima em um produto intermediário, que será utilizado para gerar energia mecânica, que acionará o gerador de energia elétrica (ANEEL, 2008).

A utilização da energia da biomassa possui dois fatores de extrema relevância: seu potencial de renovação em curto espaço de tempo e a manutenção do equilíbrio do CO₂, já que o gás emitido no processo de queima é capturado durante a fotossíntese (Mourad et al., 2004). Segundo Moret (2004), a utilização da biomassa sustentável na geração de energia elétrica traz um impacto positivo ao meio ambiente mediante à redução de emissões, pois o balanço líquido de CO₂ é nulo. Assim, pode-se admitir que a utilização da biomassa na geração de eletricidade gerará uma externalidade positiva.

6.1.1 A biomassa no Brasil

A biomassa produzida de partes não aproveitadas, como palha e casca de cultivos de grande volume no Brasil, tem potencial estimado de 167,8 milhões de GJ/ano (Mourad et al., 2004).

No Brasil, a geração de eletricidade a partir de biomassa tem sido crescente, principalmente, na utilização de sistemas de cogeração, obtendo-se energia térmica e também elétrica. Essa participação pode ser observada na FIG. 6.1.



Notas

1 Inclui gás de coqueria

2 Inclui importação de eletricidade

3 Inclui lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações

Fonte: EPE, 2012a.

FIGURA 6.1 – Oferta Interna de Energia Elétrica por fonte

De acordo com os dados da ANEEL (2008), em novembro de 2008, existiam 302 termelétricas movidas à biomassa instaladas no país (5,7 mil MW), sendo 13 abastecidas por licor negro³ (944 MW); 27 por madeira (232 MW); 3 por biogás (45 MW); 4 por casca de arroz (21 MW) e 252 por bagaço de cana (4 mil MW). Todas eram de pequeno porte com potência instalada de até 60 MW, o que favorece a instalação próxima aos centros de consumo.

6.1.2 A biomassa no Nordeste do Brasil

Nas TAB. 6.1 a 6.8 é possível visualizar um panorama da disponibilidade energética existente de biomassa no Nordeste brasileiro. As tabelas foram elaboradas a partir de dados obtidos junto à CENBIO (2012).

³ O licor negro é um subproduto do processo de cozimento Kraft utilizado na produção de polpa celulósica, utilizada para fabricação de papel (Melo et al., 2011).

TABELA 6.1 – Potencial de produção de biogás a partir de suínos no Nordeste brasileiro*

<i>nº de cabeças</i>	<i>m³ CH₄/hora</i>	<i>potencial (MW)</i>	<i>energia (MWh/dia)</i>
6.290.004	16.167,12	37	849

* Kg de esterco/dia unidade geradora = 2,25, concentração de metano = 0,66 e volume específico do metano = 0,67 kg CH₄/m³CH₄.

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.2 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro em um cenário de 30 kWh/t cana*

<i>tonelada de cana moída</i>	<i>energia MWh/ano</i>	<i>potencial MW/safra</i>
70.057.439	2.101.723,17	377,80

* Safra de 5563 horas/ano.

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.3 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar no Nordeste brasileiro em um cenário de 60 kWh/t cana*

<i>tonelada de cana moída</i>	<i>energia MWh/ano</i>	<i>potencial MW/safra</i>
70.057.439	4.303.446,34	755,61

* Safra de 5563 horas/ano.

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.4 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos de cana-de-açúcar na região Nordeste brasileira em um cenário de 120 kWh/t cana*

<i>tonelada de cana moída</i>	<i>energia MWh/ano</i>	<i>potencial MW/safra</i>
70.057.439	8.406.893	1.010

* Considerando o uso do bagaço, palha e pontas o ano todo, ou seja, 8.322 h/ano.

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.5 – Potencial da geração de energia a partir da biomassa do óleo de dendê no Nordeste brasileiro *

<i>hectares</i>	<i>toneladas de óleo</i>	<i>energia MWh/ano</i>	<i>potencial MW/ano</i>
53.517	267.585	208.716,30	25,08

* 1 hectare dendê = 5 toneladas de óleo; PCI do dendê = 9.500 kcal/kg.

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.6 – Potencial da geração de energia a partir da biomassa de resíduos agrícolas no Nordeste brasileiro *

<i>amendoim energia MWh/ano</i>	<i>arroz energia MWh/ano</i>	<i>coco energia MWh/ano</i>	<i>total MWh/ano</i>	<i>potencial MWh/ano</i>
2.609,05	192.484,91	318.877,31	513.971,27	61,76

* Os resíduos considerados são as cascas; soma do total de resíduos agrícolas em caldeiras com $\eta = 15\%$.
Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.7– Potencial da geração de energia a partir de resíduos da silvicultura no Nordeste brasileiro * com eficiência de 15%**

<i>madeira em tora (m³)***</i>	<i>conversão m3 para kg</i>	<i>energia MWh/ano $\eta = 15\%$</i>	<i>potencial MWh/ano $\eta = 15\%$</i>
16.683.908	11.345.057,44	1.978.789,09	237,78

* 15% dos resíduos deixados no campo não são considerados. Resíduos do preparo da madeira = 50%. PCI resíduo = 2000 kcal/kg.

** $\eta = 15\%$ ciclos a vapor de pequeno porte (de 200 kW a 10 MW).

*** 1 m³ de madeira para energia = 0,680 ton. (Florestar Estatístico, 2004 apud CENBIO, 2012).

Fonte: CENBIO, 2002.

TABELA 6.8 – Potencial da geração de energia a partir de resíduos da silvicultura no Nordeste brasileiro com eficiência de 30%*

<i>madeira em tora (m³)</i>	<i>conversão m3 para kg</i>	<i>energia MWh/ano $\eta = 30\%$</i>	<i>potencial MWh/ano $\eta = 30\%$</i>
16.683.908	11.345.057,44	3.957.578,18	475,56

* $\eta = 30\%$ ciclos a vapor de grande porte (acima de 10 MW).

Fonte: CENBIO, 2002

No ANEXO B, os mapas referentes aos dados de resíduos agrícolas e óleo de dendê podem ser visualizados. Todos os mapas podem ser encontrados no Atlas de Bioenergia do Brasil (Coelho et al., 2012).

6.1.3 Viabilidade econômica da biomassa considerando seus custos ambientais

Este tópico apresenta o estudo de viabilidade econômica da biomassa para a região nordeste do Brasil.

Mourad et al. (2004) afirmam que a biomassa é uma das fontes mais adequadas para a geração de energia proveniente do calor entres as fontes

renováveis, o que a torna uma boa substituta para o óleo combustível (no caso desse trabalho, do óleo diesel). A biomassa sustentável, como os resíduos agrícolas, contribui para o aumento da oferta de energia elétrica e também para o desenvolvimento sustentável. A utilização de recursos energéticos regionais traz vantagens locais, econômicas e sociais (Moret, 2004).

Para a escolha e dimensionamento dos sistemas a base de biomassa desse trabalho, foi feita, além das pesquisas na literatura, uma entrevista com a Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho⁴, pesquisadora coordenadora do Centro Nacional de Referência em Biomassa além de professora e orientadora do Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE) da USP. Além disso, possui diversas pesquisas e projetos desenvolvidos na área de bionergia.

Após entrevista com a Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho, optou-se neste trabalho, por estudar a utilização de resíduos agrícolas para a aplicação em um cálculo que pudesse atender à todo o Nordeste. Nessa região, a biomassa de resíduos agrícolas pode ser encontrada em boa parte dos municípios, o que não acontece com as outras biomassas analisadas. Os resíduos agrícolas estão disponíveis de forma mais distribuída pela região e possuem um alto potencial para a geração elétrica. De acordo com os dados da CENBIO (2012), o potencial de geração dos resíduos agrícolas na região Nordeste do país é de 61,76 MW ou 1.027.942,54 MWh/ano.

O potencial dessa fonte pode ser comprovado por estudos, como o de Moret (2004), que analisou a substituição do diesel pelos resíduos agrícolas. O autor comprova que é possível substituir com tranquilidade a utilização do óleo por resíduos agrícolas em todos os municípios do estado de Rondônia que utilizam esse combustível para gerar energia elétrica.

Os resíduos agrícolas são aqueles compostos fundamentalmente de celulose. Sua preparação para obtenção de energia é relativamente fácil, já que são facilmente pré-processados (Moret, 2004).

A utilização da biomassa residual para a geração de energia causa menor impacto no equilíbrio de mercado, pois não afeta o oferta e demanda de outros usos da biomassa já que considera os resíduos do processo produtivo (Mourad et al., 2004).

⁴ A Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho foi entrevistada nas dependências do CENBIO em 15 de janeiro de 2013.

A Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho sugeriu, para a geração de energia elétrica a partir dos resíduos agrícolas, a utilização da técnica de geração de vapor com pequenas caldeiras, utilizando geradores de 200 kW, por já ser um processo maduro e com produção nacional. No entanto, para atender à legislação já citada, serão utilizados geradores de 100kW. Segundo a pesquisadora, seria possível solicitar esse tipo de geradores aos fabricantes. Esse sistema possui um rendimento de 20% em média. O ciclo a vapor com turbinas de contrapressão, de acordo com a ANEEL (2008), é empregado de forma integrada a processos produtivos. Isso é feito por meio da cogeração: a biomassa é queimada diretamente em caldeiras, e a energia térmica gerada é utilizada na produção do vapor, que aciona as turbinas usadas para geração de energia elétrica. O vapor que seria liberado no final dos processos pode ser utilizado para o atendimento das necessidades térmicas do processo.

O uso de sistemas de gaseificação, outra opção para utilização da biomassa, segundo Prof. Dra. Suani Teixeira Coelho, ainda é restrito para a geração de energia devido aos seus altos custos de implementação e ausência de tecnologias nacionais viáveis, não competitivas comercialmente para a biomassa.

Mourad et al. (2004) confirmam que algumas técnicas podem ser utilizadas para a conversão da biomassa em energia, no entanto, a técnica mais utilizada é o uso da biomassa como combustível sólido por meio da queima direta. Nesse sistema, a biomassa é diretamente queimada em caldeiras, e a energia térmica produzida é utilizada na geração de vapor, que acionará uma turbina para a geração de energia elétrica. Então, a biomassa é colocada diretamente na caldeira e queimada. Os gases gerados passam por um processo de limpeza e são liberados enquanto o vapor aciona a turbina que move o gerador elétrico. Esses sistemas possuem eficiência térmica variando entre 14 e 25%, e seus custos de capital são baixos. (Pinto, 2008). Os potenciais anteriormente apresentados para a biomassa, calculados pela CENBIO (2012), consideram uma eficiência de 15%. Pinto (2008) adota uma eficiência de conversão de 25% para seus cálculos.

Os resíduos de várias culturas podem ser utilizados para a conversão em energia elétrica, por meio de pequenos sistemas de até 600 kW em áreas onde há disponibilidade de resíduos, como áreas rurais. Utilizando grupos

geradores, técnica que será adotada nesse estudo, é possível gerar, em média, para cada 3 kg de resíduos, 1 kWh de eletricidade (Mourad et al., 2004). Nesse caso o poder calorífico seria de 0,33 kWh/kg. Blasques et al. (2005) propõem que pode ser gerado 1 kWh com 1,2 a 1,4 kg de biomassa, o que leva a um poder calorífico médio da biomassa de 0,77 kWh/kg. Portanto, será adotado, então, um valor médio entre os encontrados na literatura: 0,55 kWh/ kg. Essa informação é importante para o cálculo de consumo de combustível do sistema.

É importante, quando se usa resíduos agrícolas para gerar energia, conhecer as características da biomassa, como o seu poder calorífico e a quantidade de resíduo que será produzido na região (Pinto, 2008).

A proposta para esse estudo é a utilização da biomassa disponível localmente e a geração descentralizada, presumindo que o transporte da biomassa utilizada será por curtas distâncias. Por esse motivo, os valores de transporte não serão considerados nos cálculos.

Contudo, devido às vantagens que serão apresentadas para o uso do óleo de dendê e também para adequar o já proposto por Vanni em 2008 na primeira versão do programa PEASEB, essa fonte também será analisada e disponibilizada para o usuário. É importante salientar que, de acordo com dados do Atlas de Bionergia do Brasil (CENBIO, 2012) esse insumo é gerado predominantemente em alguns municípios da Bahia e também da Paraíba, como pode ser observado no ANEXO B.2.

A opção pela adoção pelo estudo dos resíduos agrícolas se deu pela necessidade de uma fonte que atendesse amplamente a região Nordeste, já que o dendê, apesar de possuir diversas vantagens, somente é produzido em poucas localidades dessa região, e necessita, também, da implantação de uma planta industrial para a sua produção.

A seguir são apresentados os cálculos de viabilidade econômica da biomassa de resíduos agrícolas.

6.1.3.1 Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa de Resíduos Agrícolas

Segundo Blasques et al. (2005), em sistemas isolados em que a única fonte é a biomassa, a geração de energia pode ser expressa por (6.1) com $k_p = 1,10$:

$$E_{Bio} = k_p \cdot P_L \cdot \Delta T \cdot L \quad (6.1)$$

Onde:

E_{Bio} = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa (kWh);

k_p = fator de perdas na rede (1,10);

P_L = potência instalada (kW);

ΔT = tempo em horas;

L = fator de carga (0,275).

O fator de carga L é a razão entre a energia elétrica consumida e a que seria consumida caso a carga operasse com sua potência instalada durante um intervalo de tempo. Os fatores de carga típicos para esse tipo de sistema estão em torno de 25 a 30% (Blasques et al., 2005). Para os cálculos, será adotado um fator de carga médio entre os típicos: 27,5%.

Para determinar os custos dos sistemas para a população das comunidades selecionadas, todos os cálculos serão feitos para o tempo de vida do sistema, que é de 25 anos. Como mencionado, o MIGDI é um microssistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica com potência instalada total de geração de até 100 kW.

As minirredes de biomassa deverão fornecer energia como dimensionado para os sistemas solares, 50 kWh/mês para cada residência.

Então a energia gerada por este sistema, equação (6.1), em 1 mês e em 25 anos, são respectivamente:

$$E_{BioM} = 21.780 \text{ kWh (em 1 mês)}$$

$$E_{Bio25anos} = 6.624.750 \text{ kWh (em 25 anos)}$$

Onde:

E_{BioM} = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa em um mês considerando-se 30 dias (kWh/mês);

$E_{Bio25anos}$ = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa em 25 anos (kWh/25 anos).

A partir do montante mensal produzido por um sistema será determinado o número de sistemas necessários para o atendimento de cada comunidade. Cada sistema atenderá a um determinado número de famílias constituídas de 5 componentes, em média, com 50 kWh/mês cada uma. Dessa forma, este valor será obtido por (6.2).

$$n_{SB} = \frac{\frac{nh}{5}}{\frac{E_{BioM}}{E_{Família}}} \quad (6.2)$$

Onde:

n_{SB} = número de sistemas de biomassa necessários;

nh = número de habitantes projetados para o município;

E_{BioM} = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa (kWh/mês);

$E_{Família}$ = energia elétrica fornecida para cada família.

A partir da determinação do número de sistemas a serem implementados é possível obter a quantidade de energia que será efetivamente gerada no município durante toda a vida útil dos sistemas de biomassa, atendendo o número de famílias calculadas a partir da projeção do IBGE. Esse número é calculado pela equação (6.3). Esse dado será necessário para a valoração das externalidades.

$$E_{EG25anos} = n_{SB} \cdot E_{Bio25anos} \quad (6.3)$$

Onde:

$E_{EG25anos}$ = energia efetivamente gerada em 25 anos.

Os custos totais do sistema devem considerar os custos iniciais de implantação (CI) necessários para o início da operação do sistema de energia, os custos de reposição (CR) dos principais componentes do sistema devido à sua vida útil, os custos de operação (CO) necessários ao funcionamento do sistema, sendo considerados basicamente o custo dos combustíveis e o custo de manutenção (CM) preventiva e corretiva (Blasques et al., 2005).

Para definir o custo de implementação de um sistema de geração de energia que utiliza biomassa como combustível num ciclo térmico utilizando turbinas a vapor, é preciso inicialmente determinar seu ciclo de vida. Os ciclos térmicos de geração de potência a vapor são constituídos por caldeira, turbina, condensador, bomba e equipamentos auxiliares e a durabilidade dos equipamentos está relacionada com diversos fatores, como a qualidade do fluido de trabalho (o vapor) e as devidas manutenções (ANEEL, 2000). Estima-se, de modo geral, que a vida útil dos equipamentos dos ciclos térmicos é de 25 anos (ANEEL, 2000).

Pinto (2008) fornece alguns custos básicos para os custos dos equipamentos por kW instalado para a implementação do sistema utilizando o ciclo térmico (caldeira). O valor fornecido para os equipamentos de conversão é de R\$ 3.800,00/kW instalado e para os acessórios elétricos necessários à operação da central de geração, como chaves, painéis de comando entre outros, é de R\$ 570,00/kW instalado.

Para obter o custo dos equipamentos de geração, multiplica-se o custo do equipamento por kW instalado pelo potencial de geração em termos de potência instantânea (Pinto, 2008), como mostra a equação (6.4).

$$C_E = C_{E/kW} \cdot P_L \quad (6.4)$$

Onde:

C_E = custo dos equipamentos (R\$);

$C_{E/kW}$ = custo dos equipamentos por kW instalado (R\$).

Para o cálculo dos custos dos acessórios elétricos, utiliza-se a equação (6.5) (Pinto, 2008).

$$C_{AE} = P_L \cdot C_{AE/kW} \quad (6.5)$$

Onde:

C_{AE} = custo dos acessórios elétricos (R\$);

$C_{AE/kW}$ = custo dos acessórios elétricos por kW instalado (R\$/kW).

Além desses custos, é preciso também considerar os custos para a instalação da casa de máquinas. O cálculo desses custos leva em consideração as faixas de potências geradas. Segundo a TAB. 6.9, para a faixa de potência de até 0,1 MW, configuração adotada nesse trabalho, é indicada uma área 50 metros quadrados para a instalação. O custo do m² da casa de máquinas é de R\$ 700,00 (Pinto, 2008).

TABELA 6.9 – Custo do m² da casa de máquinas

Faixa de Potência	Área Necessária
< 0,1 MW	50
0,1 – 1 MW	100
1 – 10 MW	200
> 10 MW	250

Fonte: Pinto (2008).

O valor para a casa de máquinas pode ser obtido pela equação (6.6) a seguir.

$$C_{CM} = Área \cdot C_{custo/m^2} \quad (6.6)$$

Onde:

C_{CM} = custo da casa de máquinas (R\$);

Área = área necessária (m²);

C_{custo/m^2} = custo do m^2 da casa de máquinas para a faixa de potência instalada (R\$).

Assim, o custo inicial total do sistema (CI) pode ser obtido pelo somatório dos custos dos equipamentos (C_E), dos acessórios elétricos (C_{AE}) e da casa de máquinas (C_{CM}), como demonstrado na equação (6.7).

$$CI = C_E + C_{AE} + C_{CM} \quad (6.7)$$

Onde:

CI = custo Inicial do sistema (R\$).

O Custo de Reposição (CR) para a biomassa, de acordo com Blasques et al. (2005), pode ser considerado zero e incluso no Custo de Manutenção (CM), sendo que não haverá substituições dos principais componentes no tempo de vida útil médio do sistema da biomassa.

Ainda segundo Blasques et al. (2005), o CM é calculado sobre a energia gerada pela biomassa (equação 6.1), sendo de R\$ 0,544/kWh.

O Custo de Operação (CO) corresponde aos custos com o combustível (biomassa) que será utilizado na caldeira. O valor por kg de biomassa segundo Blasques et al. (2005) é de R\$ 0,272/kg. Mesmo tratando-se de resíduos, que não possuem custos para a sua produção, o usuário poderá ter que arcar com custos para a remoção desses resíduos e, por esse motivo, esse valor será considerado nos cálculos. Então, CO pode ser obtido segundo a equação (6.8) dada a seguir:

$$CO = \frac{k_p \cdot P_L \cdot \Delta t \cdot L}{PC_{BIO}} \cdot C_{BIO/kg} \quad (6.8)$$

Onde:

CO = custo de operação (R\$);

k_p = fator de perda na rede;

P_L = potência instalada (kW);

L = fator de carga;

PC_{BIO} = poder calorífico da biomassa (kWh/kg);

$C_{BIO/kg}$ = custo da biomassa por kg (R\$).

Assim, pode-se assumir que o custo total de um sistema de biomassa seja dado pela equação (6.9) considerando a vida útil média do sistema. Admite-se que, durante este tempo, não haverá substituições dos principais componentes do sistema, desde que sejam feitas todas as manutenções preventivas e corretivas recomendadas para os componentes.

$$CT_{BIO} = CI + CR + CO + CM \quad (6.9)$$

Onde:

CT_{BIO} = custo total de um sistema de biomassa (R\$).

Para efetuar os cálculos de viabilidade econômica das biomassas, alguns dos valores de componentes foram atualizados para o caso de sua implementação. Para isso foi utilizada a ferramenta Calculadora do Cidadão, disponibilizada pelo Banco Central do Brasil. Essa ferramenta permite a simulação de aplicações com depósitos regulares e de financiamentos com prestações fixas, o cálculo de valores futuros de um capital e a correção de valores com base em diversos indicadores econômicos (Banco Central do Brasil, 2013a).

Para as correções, será utilizado o IGP-M (Índice Geral de Preços do Mercado). O IGP-M é calculado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) e é uma média ponderada do Índice de Preços por Atacado (60%), do Índice de Preços ao Consumidor (30%) e do Índice Nacional de Custo da Construção (10%) (Banco Central do Brasil, 2013b).

Todos os valores serão atualizados para julho de 2013, a fim de se equipararem ao valor encontrado para o sistema gerador diesel utilizado nos cálculos para o óleo de dendê e, dessa forma, manter os cálculos equalizados para as duas biomassas permitindo uma comparação justa. Na TAB. 6.10 são disponibilizados os preços que foram descritos para a biomassa de resíduos

agrícolas, segundo a literatura, e seus respectivos valores atualizados em reais (R\$). Os valores iniciais referem-se às datas de publicação das referências utilizadas nesse trabalho.

Para as correções de valores entre dezembro de 2008 e julho de 2013, o índice de correção no período foi de 1,2631127, com valor percentual correspondente de 26,31127%. Já para as correções de valores entre outubro de 2005 e julho de 2013, o índice de correção no período foi de 1,5693434, com valor percentual correspondente de 56,93434%.

TABELA 6.10 – Correção dos valores de custos para resíduos agrícolas

<i>Item</i>	<i>Valor em out/2005</i>	<i>Valor em dez/2008</i>	<i>Valor atualizado jul/2013</i>
Custo de equipamentos de conversão (R\$/ kW instalado)	-	3.800,00	4.799,83
Custo de acessórios elétricos (R\$/ kW instalado)	-	570,00	719,97
Custo da casa de máquinas (R\$/m²)	-	700,00	884,18
Custo de Manutenção (R\$/kWh)	0,544	-	0,85
Custo do resíduo (R\$/kg)	0,272	-	0,43

Os dados para os cálculos de um sistema baseado em biomassa dos resíduos agrícolas descritos são apresentados na TAB. 6.11.

TABELA 6.11 – Valores dos componentes dos custos de um sistema baseado em resíduos agrícolas

<i>Item</i>	<i>Valor</i>
Custo de equipamentos de conversão (R\$/ kW instalado)	4.799,83
Custo de acessórios elétricos (R\$/ kW instalado)	719,97
Custo da casa de máquinas (R\$/m²)	884,18
Custo de Manutenção (R\$/kWh)	0,85
Custo do resíduo (R\$/kg)	0,43

A partir dos dados referentes à geração e ao custo dos sistemas, é possível obter o valor do custo ambiental do sistema de biomassa. Para a biomassa, esses custos serão avaliados a partir do custo evitado por meio da substituição do óleo diesel pela biomassa, considerando a possibilidade da venda

de créditos de carbono. Então, o VERA do diesel e o VERA da biomassa podem ser calculados por meio da equação (6.10).

$$VERA = E_{EG25anos} \cdot V_{CER} \cdot EmC_{eq} \quad (6.10)$$

Onde:

$VERA$ = valor econômico do recurso ambiental ar poluído;

V_{CER} = valor do crédito de carbono;

EmC_{eq} = emissões de carbono equivalente.

O valor adotado para cada crédito de carbono foi de US\$ 5,00 (R\$ 2,2779). As emissões de carbono equivalente utilizadas são as constantes da TAB. 4.1: 755 gCO₂eq/kWh_{EI} (0,000755 tCO₂eq/kwh_{EI}) para o diesel. Para a biomassa, adota-se emissões zero, já que a literatura admite que o balanço de emissões na utilização dessa fonte é nulo.

O custo evitado para o meio ambiente utilizando a energia da biomassa em substituição ao óleo diesel é obtido pela equação (6.11).

$$CE_{BIO} = VERA_{BIO} - VERA_{DIESEL} \quad (6.11)$$

Onde:

CE_{BIO} = custo evitado pela utilização da energia da biomassa.

Assim, o custo total do empreendimento utilizando biomassa é dado pela equação (6.12). Nessa equação é inserido o valor obtido da externalidade positiva da fonte de energia em questão.

$$CTE_{BIO} = n_{SB} \cdot CT_{BIO} + CE_{BIO} \quad (6.12)$$

Onde:

CTE_{BIO} = custo total do empreendimento utilizando biomassa.

O valor do kWh gerado em 25 anos para um sistema de biomassa é obtido pela equação (6.13).

$$V_{kWh(BIO)} = \frac{CTE_{BIO}}{E_{EG25anos}} \quad (6.13)$$

Onde:

$V_{kWh(BIO)}$ = valor do kWh gerado pelo sistema de biomassa.

Como já citado, a título de adequação ao que foi proposto por Vanni (2008), será feita também a revisão do equacionamento proposto para utilização no PEASEB em situações onde o dendê for viável, já que essa fonte também possui várias vantagens. As equações são dadas no tópico a seguir.

6.1.3.2 Cálculo de Viabilidade Econômica da Biomassa de Dendê

Em 2008, Vanni propôs a utilização de um sistema gerador diesel que utilizaria como combustível o óleo vegetal *in natura* (óleo de dendê) para a geração de energia elétrica. As revisões feitas nessa dissertação partirão deste pressuposto.

Os óleos vegetais *in natura* são uma boa alternativa de origem natural para a substituição do óleo diesel em comunidades não eletrificadas, pois existe a possibilidade técnica de serem queimados em geradores diesel entre outras vantagens (Coelho et al. 2005).

Segundo Coelho et al. (2005), algumas mudanças simples no óleo vegetal podem melhorar o seu desempenho como combustível, destacando-se a degomagem e neutralização dos óleos, o fracionamento do óleo de dendê para a utilização da fração menos viscosa e o aumento da pressão da injeção do combustível. O maior desgaste dos motores devido ao uso do óleo de dendê causa um aumento entre 20 a 25% nos custos de manutenção do sistema, devido à adequação e manutenção preventiva buscando equiparar o tempo de vida do sistema ao mesmo do sistema que utiliza o óleo diesel. Em compensação, o custo de produção do óleo de dendê gira em torno da metade do óleo diesel.

É importante salientar também que as emissões gasosas geradas pela utilização do dendê estão dentro dos parâmetros encontrados em motores a diesel. Contudo, o óleo de dendê não possui enxofre, e o balanço de emissões da biomassa é zero (Coelho et al., 2005).

Segundo Blasques et al. (2005), em sistemas que utilizam o diesel, a geração pode ser expressa por (6.14) com $k_p = 1,10$. É adotado o sistema de geração diesel, pois a utilização de óleos vegetais *in natura* em geradores diesel convencionais já se mostrou possível em diversas experiências, sendo necessário, para isso, apenas algumas adequações tecnológicas específicas (Coelho et al., 2005). Nesse caso, a equação permanece a mesma que foi utilizada para os resíduos agrícolas:

$$E_D = k_p \cdot P_L \cdot \Delta t \cdot L \quad (6.14)$$

Onde:

E_D = energia elétrica gerada pelo sistema de dendê (kWh);

k_p = fator de perdas na rede (1,10);

P_L = potência instalada (kW);

Δt = tempo em horas;

L = fator de carga (0,275).

Para determinar os custos dos sistemas, todos os cálculos serão feitos considerando o seu tempo de vida que é de 20 anos (Soares et al., 2000). A partir da equação (6.14), se obtém a energia gerada pelo sistema em 1 mês e em 20 anos. Para o cálculo referente a um mês serão considerados 30 dias.

$$E_{DM} = 21.780 \text{ kWh (1 mês)}$$

$$E_{D20anos} = 5.227.200 \text{ kWh (20 anos)}$$

Onde:

E_{DM} = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa de dendê em um mês considerando-se 30 dias (kWh/mês);

$E_{D20anos}$ = energia elétrica gerada pelo sistema de biomassa de dendê em 20 anos (kWh/20 anos).

A partir do montante mensal produzido por um sistema será determinado o número de sistemas necessários para o atendimento de cada comunidade. Cada sistema atenderá a um determinado número de famílias constituídas de 5 componentes, em média, com 50 kWh/mês cada uma. Dessa forma, o valor será obtido por (6.15).

$$n_{SD} = \frac{\frac{nh}{5}}{\frac{E_{DM}}{E_{Família}}} \quad (6.15)$$

Onde:

n_{SD} = número de sistemas de biomassa necessários

A partir da determinação do número de sistemas a serem implementados, é possível obter a quantidade de energia que será efetivamente gerada no município durante toda a vida útil dos sistemas de biomassa (óleo de dendê), atendendo o número de famílias projetadas. Esse número é calculado por meio da equação (6.16). Esse dado será necessário para a valoração das externalidades.

$$E_{EG20anos} = n_{SD} \cdot E_{D20anos} \quad (6.16)$$

Onde:

$E_{EG20anos}$ = energia efetivamente gerada em 20 anos

Os custos totais do sistema devem considerar os custos iniciais de implantação (CI) necessários para o início da operação do sistema de energia, os custos de reposição (CR) dos principais componentes do sistema devido à sua vida útil, os custos de operação (CO) necessários ao funcionamento do sistema, sendo considerados basicamente o custo dos combustíveis e o custo de manutenção (CM) preventiva e corretiva (Blasques et al., 2005).

Para definir o custo de implementação de um sistema de geração de energia que utiliza óleo de dendê como combustível num gerador diesel, é preciso inicialmente determinar seu ciclo de vida. Como já descrito anteriormente, o tempo de vida útil do sistema diesel gerador é de 20 anos.

Para um grupo gerador diesel de 100 kW de potência (ou 125 kva), o preço obtido para uma unidade em julho de 2013 é de R\$ 57.000,00 (C_E). O Grupo Gerador de 105/125 kVA é composto por motor Marca CUMMINS TURBO, modelo 6BT5.9-G1, alternador eletrônico, quadro de comando automático e digital, 2 baterias 12V-150 A/h com cabos e terminais, um tanque de combustível de 200 litros embutido e um conjunto de coxins vibra-stop (MF Rural, 2013)⁵.

Também é preciso considerar os custos para a instalação da casa de força (C_{CF}). Segundo Blasques (2005) o custo da casa de força para um sistema a diesel de 15 kW de potência é de R\$ 12.000,00. Tomando este valor como base, é possível admitir um valor proporcional para o sistema de 100 kW de potência como sendo de R\$ 80.000,00.

Assim, o custo inicial total do sistema (CI) pode ser obtido pelo somatório dos custos dos equipamentos (C_E) e da casa de força (C_{CF}), como demonstrado na equação (6.17).

$$CI = C_E + C_{CF} \quad (6.17)$$

Onde:

CI = custo Inicial do sistema (R\$).

O Custo de Reposição (CR) para o grupo gerador diesel que irá operar com óleo de dendê, de acordo com Blasques et al. (2005), pode ser considerado

⁵ Valor referente à empresa Soto Filho: <http://www.sotofilhos.com.br/index.html>

zero e incluso no Custo de Manutenção (CM), sendo que não haverá substituições dos principais componentes no tempo de vida útil médio do sistema.

Ainda segundo Blasques et al. (2005), o CM é calculado sobre a energia gerada (equação 6.14), sendo de R\$ 0,272/kWh para o óleo diesel. Como mencionado, o custo de manutenção é maior entre 20 a 25% quando o óleo *in natura* é utilizado nos geradores diesel. Assim, admitindo um aumento médio de 22,5%, tem-se que o custo de manutenção será de R\$ 0,333/kWh. O Custo de Operação (CO) é dado pela multiplicação do consumo de combustível pelo valor do óleo utilizado. De acordo com Soares et al. (2000), o consumo de dendê em geradores diesel é de 0,33 litros por kWh gerado. O preço do litro do óleo de dendê pode variar entre R\$ 1,80 e 1,90 (TN Sustentável, 2013). Será adotado o valor médio: R\$ 1,85.

Assim, pode-se assumir que a equação (6.18) calcula o custo total de um sistema de biomassa que utiliza o óleo de dendê.

$$CT_d = CI + CR + CO + CM \quad (6.18)$$

Onde:

CT_d = custo total de um sistema gerador diesel a óleo de dendê (R\$).

Para efetuar os cálculos de viabilidade econômica dos sistemas baseados em óleo de dendê, alguns dos valores de componentes foram atualizados para o caso de sua implementação. Para isso foi utilizada a ferramenta Calculadora do Cidadão, disponibilizada pelo Banco Central do Brasil (Banco Central do Brasil, 2013a).

Para as correções, será utilizado o IGP-M. Para as correções de valores entre outubro de 2005 e julho de 2013, o índice de correção no período foi de 1,5693434 com valor percentual correspondente de 56,93434%.

Todos os valores serão atualizados para julho de 2013, a fim de se equipararem ao valor encontrado para o sistema gerador diesel utilizado nos cálculos para óleo de dendê e, dessa forma, manter os cálculos equalizados para as duas biomassas utilizadas permitindo uma comparação justa. Na TAB. 6.12 são disponibilizados os preços que foram descritos para a biomassa de óleo de

dendê, obtidos da literatura, e seus respectivos valores atualizados em reais (R\$). Os valores iniciais referem-se às datas de publicação das referências utilizadas nesse trabalho.

TABELA 6.12 – Correção dos valores de custos para óleo de dendê

<i>Item</i>	<i>Valor em out/2005</i>	<i>Valor atualizado jul/2013</i>
Custo da casa de força (R\$)	80.000,00	125.547,47
Custo de Manutenção (R\$/kWh)	0,333	0,52

Os dados para os cálculos de um sistema baseado em biomassa de óleo de dendê descritos nesse item encontram-se na TAB. 6.11.

TABELA 6.13 – Valores dos componentes dos custos de um sistema baseado em óleo de dendê

<i>Item</i>	<i>Valor</i>
Custo do equipamento de conversão (R\$)	57.000,00
Custo da casa de força (R\$)	125.547,47
Custo de Manutenção (R\$/kWh)	0,52
Custo do óleo de dendê (R\$/L)	1,85

A partir dos dados referentes à geração e ao custo dos sistemas, é possível obter o valor do custo ambiental do gerador diesel que utiliza o óleo de dendê. Para o dendê, esses custos serão avaliados a partir do custo evitado por meio da substituição do óleo diesel pelo óleo de dendê, considerando a possibilidade da venda de créditos de carbono. Então, o VERA do diesel e o VERA do óleo de dendê podem ser calculados segundo a equação (6.19).

$$VERA = E_{EG20anos} \cdot V_{CER} \cdot EmC_{eq} \quad (6.19)$$

O valor adotado para cada crédito de carbono foi de US\$ 5,00 (R\$ 2,2779). As emissões de carbono equivalente utilizadas são as constantes da TAB. 4.1: 755 gCO₂eq/kWh_{EI} (0,000755 tCO₂eq/kwh_{EI}) para o diesel. Para a biomassa, adota-se emissões zero, já que a literatura admite que o balanço de emissões na utilização dessa fonte é nulo.

O custo evitado para o meio ambiente utilizando-se a energia gerada pelo óleo de dendê em substituição ao óleo diesel é obtido pela equação (6.20).

$$CE_D = VERA_D - VERA_{DIESEL} \quad (6.20)$$

Onde:

CE_D = custo evitado pela utilização do óleo de dendê.

Assim, o custo total do empreendimento utilizando óleo de dendê é dado pela equação (6.21). Nessa equação, está inserido o valor da externalidade da fonte de energia em questão.

$$CTE_D = n_{SD} \cdot CT_D + CE_D \quad (6.21)$$

Onde:

CTE_D = custo total do empreendimento utilizando óleo de dendê.

O valor do kWh gerado em 20 anos para um sistema utilizando óleo de dendê é obtido pela equação (6.22).

$$V_{kWh(D)} = \frac{CTE_D}{E_{EG20anos}} \quad (6.22)$$

Onde:

$V_{kWh(D)}$ = valor do kWh gerado pelo sistema utilizando óleo de dendê.

A seguir, será descrita a metodologia para o cálculo de viabilidade econômica da energia eólica.

7 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE VIABILIDADE ECONÔMICA PARA A ENERGIA EÓLICA

Os cálculos de viabilidade econômica da energia eólica e o dimensionamento do sistema seguem as normas e metodologias já descritas anteriormente, tendo internalizados seus custos ambientais.

Para a fonte de energia eólica, foram considerados sistemas isolados, devido à disponibilidade de turbinas no mercado que são adequadas para esse tipo de empreendimento e que são as mais usadas em todo mundo.

Uma breve descrição da fonte de energia eólica, de suas características e tecnologias será apresentada e, em seguida, são demonstrados os cálculos para a viabilidade desta fonte.

7.1 Energia Eólica

A energia eólica tem como origem a radiação solar, já que os ventos são gerados por meio do aquecimento da superfície terrestre de forma não uniforme. Cerca de 2% da energia solar que chega à superfície terrestre é convertida em energia cinética dos ventos. O comportamento dos ventos é influenciado pelas características topográficas da região, rugosidade, obstáculos e relevo, além da altura do local. Essas características de uma região podem ocasionar a redução ou a aceleração da velocidade do vento (CRESESB, 2013).

Em um sistema de energia eólica, o vento faz girar um rotor composto por lâminas ou pás, conectados a uma haste ligada a várias engrenagens de um gerador elétrico. Em sistemas residenciais, a CC pode ser utilizada diretamente em aparelhos com aquecimento resistivo ou armazenada em baterias. Já nos sistemas de grande porte, o sistema faz uso de um inversor síncrono que converte a CC em CA e a descarrega na frequência correta para a rede. (Hinrichs e Kleinbach, 2003).

De acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003), a força que pode ser extraída dos ventos é proporcional ao cubo da velocidade do vento e também à área varrida pelas pás do gerador, que é proporcional ao quadrado do diâmetro da lâmina. A equação que ilustra a máxima produção de energia eólica é dada pela equação (7.1).

$$P = 2,83 \cdot 10^{-4} D^2 v^3 kW \quad (7.1)$$

Onde:

D = diâmetro (m);

v = velocidade (m^2).

A potência disponível a partir dos ventos não pode ser totalmente aproveitada para a geração de eletricidade pelos aerogeradores. Por conta dessa característica física, é adotado o coeficiente de potência (c_p) que é, segundo a CRESESB (2013), a fração da energia eólica que pode ser extraída pelas pás do rotor. Vale salientar que a eficiência máxima de um rotor ideal é de 59%, de acordo com Hinrichs e Kleinbach (2003).

Quanto ao tipo dos aerogeradores, grande parte da experiência mundial é com rotores de eixo horizontal (FIG. 7.1), sendo que os mais utilizados para geração de eletricidade são os geradores horizontais, do tipo hélice, normalmente com três pás (CRESESB, 2013).



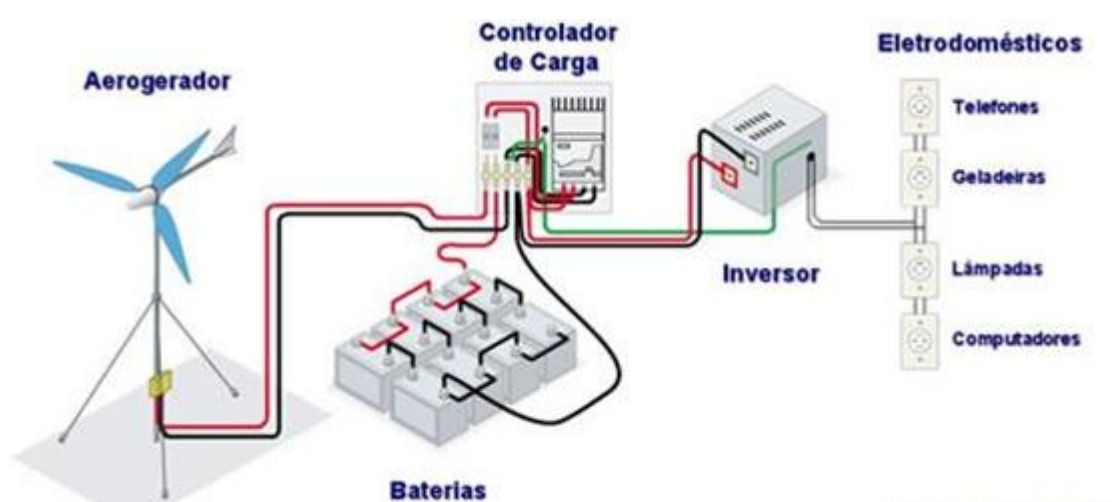
Fonte: CRESESB (2013)

FIGURA 7.1 – Aerogerador de eixo horizontal

Os principais componentes desse tipo de aerogerador são: a torre e a nacelle, que é carcaça montada sobre a torre onde ficam o gerador, a caixa de engrenagens, O sistema de controle e medição do vento. Além desses componentes, há também os motores de rotação do sistema para posicionamento do sistema em relação ao vento e ao rotor (CRESESB, 2013).

Os sistemas eólicos podem ser aplicados em sistemas isolados, híbridos e interligados à rede. Para esse estudo, serão analisados os sistemas isolados para a geração de eletricidade.

Os sistemas eólicos isolados geralmente utilizam alguma forma de armazenamento de energia, como baterias, e necessitam de um dispositivo de controle de carga, além de um inversor para a alimentação dos equipamentos que operam com CA. A configuração de um sistema eólico isolado é ilustrada na FIG. 7.2.



Fonte: CRESESB (2013)

FIGURA 7.2 – Configuração de um sistema eólico isolado

Entre as fontes alternativas de energia elétrica, a energia eólica é a que tem recebido o maior volume de investimentos por conta do PROINFA (2012). De acordo com Pereira et.al. (2006), alguns fatores indicam que a fonte eólica, em médio prazo, poderá ocupar um importante papel como forma de geração de eletricidade descentralizada e complementar no país. Os autores indicam alguns fatores importantes para a concretização dessa tendência: a capacitação tecnológica da indústria nacional e o custo decrescente da eletricidade de origem eólica, associados ao grande potencial eólico existente no país.

Com relação aos impactos ambientais da energia eólica, a literatura sugere que são mínimos, podendo ser resumidos à poluição visual (Hinrichs e Kleinbach, 2003), fato que se aplica para os grandes aerogeradores ou grandes parques eólicos.

Outro problema que foi vinculado à instalação dos sistemas eólicos inicialmente referia-se ao problema dos pássaros junto às pás do sistema. Contudo, esse problema foi minimizado com o advento das grandes turbinas e as menores velocidades dos rotores que tornam as pás visíveis para os pássaros. Com relação ao ruído causado pelos aerogeradores, as turbinas atendem aos requisitos ambientais e não causam, praticamente, impactos ao meio ambiente. Este fato reduz o tempo de estudos para implementação dos sistemas de geração elétrica (Amarante et al., 2001).

Segundo a Prof. Dra. Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas⁶, professora e pesquisadora do GEPEA – Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para pequenos empreendimentos, que é o escopo dessa dissertação, e para aplicações isoladas, os impactos ambientais produzidos pela fonte eólica são mínimos na geração de energia elétrica. Nesses casos, os impactos ambientais podem ser considerados inexistentes, já que, a grande parte deles é gerada na fase de instalação dos sistemas. Mesmo antes deste tipo de projeto operar, as licenças necessárias já incluem as medidas mitigatórias dos efeitos esperados. Com isso, ao gerar energia, os sistemas isolados não trarão custos ambientais para a sociedade.







Contudo, como já visto anteriormente, Alvim et al. (2010) sugerem um pequeno impacto causado pela fonte eólica, segundo TAB 4.1. Para esse trabalho, então, será considerado o pior cenário possível, com base nos valores de emissão sugeridos por esses autores.

7.1.1 A energia eólica no Brasil

O potencial eólico-elétrico brasileiro é descrito na TAB. 7.1 com dados do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.

⁶ A Prof. Dra. Eliane Aparecida Faria Amaral Fadigas, foi entrevistada na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo no dia 26/02/2013.

TABELA 7.1 – Potencial eólico-elétrico estimado do Brasil calculado por integração de área nos mapas temáticos

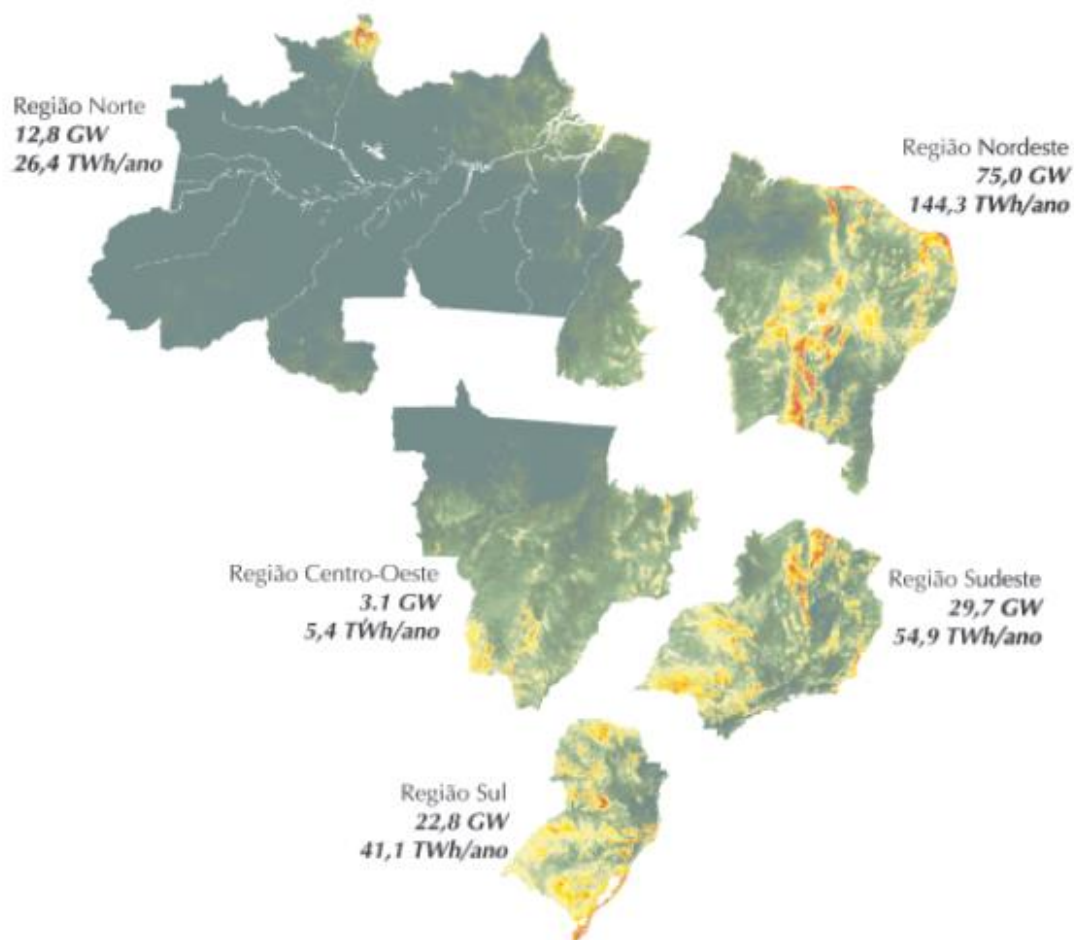
REGIÃO	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]	VENTO [m/s]	ÁREA (CUMULATIVA) [km ²]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
 NORTE	6 - 6,5	11460	22,92	0,13	25,58	>6	24206	48,41	70,49
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46	>6,5	12746	25,49	44,91
	7 - 7,5	3300	6,60	0,20	11,33	> 7 m/s	6420	12,84	26,45
	7,5 - 8	1666	3,33	0,25	7,15	>7,5	3120	6,24	15,11
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65	>8	1454	2,91	7,96
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31	>8,5	551	1,10	3,31
 NORDESTE	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19	>6	245105	490,21	649,50
	6,5 - 7	60990	121,98	0,17	178,02	>6,5	98516	197,03	322,31
	7 - 7,5	24383	48,77	0,20	83,73	> 7 m/s	37526	75,05	144,29
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	39,43	>7,5	13143	26,29	60,56
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91	>8	3958	7,92	21,13
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23	>8,5	870	1,74	5,23
 CENTRO-OESTE	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,76	>6	50752	101,50	120,83
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65	>6,5	9642	19,28	29,07
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79	> 7 m/s	1541	3,08	5,42
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60	>7,5	146	0,29	0,63
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03	>8	6	0,01	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00	>8,5	0	0,00	0,00
 SUDESTE	6 - 6,5	114688	229,38	0,13	255,99	>6	175859	351,72	446,07
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15	>6,5	61171	122,34	190,08
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	39,64	> 7 m/s	14869	29,74	54,93
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44	>7,5	3324	6,65	15,29
	8 - 8,5	594	1,19	0,30	3,06	>8	891	1,78	4,84
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78	>8,5	297	0,59	1,78
 SUL	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86	>6	171469	342,94	424,74
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77	>6,5	49671	99,34	152,88
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40	> 7 m/s	11379	22,76	41,11
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75	>7,5	1943	3,89	8,71
	8 - 8,5	313	0,63	0,30	1,61	>8	370	0,74	1,95
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34	>8,5	57	0,11	0,34
 TOTAL BRASIL ESTIMADO	>6	667391	1334,78		1711,62	>6	667391	1334,78	1711,62
	>6,5	231746	463,49		739,24	>6,5	231746	463,49	739,24
	> 7 m/s	71735	143,47		272,20	> 7 m/s	71735	143,47	272,20
	>7,5	21676	43,35		100,30	>7,5	21676	43,35	100,30
	>8	6679	13,36		35,93	>8	6679	13,36	35,93
	>8,5	1775	3,55		10,67	>8,5	1775	3,55	10,67

Fonte: Amarante et al., 2001.

Os dados sintetizados na TAB. 7.1 foram encontrados a partir da integração dos mapas digitais considerando: velocidades médias anuais iguais ou superiores a 6 m/s; curvas de desempenho de turbinas eólicas em torres de 50m de altura; densidade média de ocupação do terreno de 2 MW/km² e fator de disponibilidade de 0,98, considerado típico para usinas eólicas comerciais (Amarante et al., 2001).

O potencial total estimado para a geração eólica no Brasil é da ordem de 143 GW, gerando 272,20 TWh/ano.

Na FIG. 7.3 são descritos os potenciais de geração da energia eólica no Brasil por região considerando-se ventos a 50 metros de altura.



Fonte: Amarante et al., 2001.

FIGURA 7.3 – Potencial eólico estimado por região do Brasil

Do total estimado para a geração eólica no Brasil, verifica-se que o potencial de geração, a partir da energia dos ventos na região nordeste brasileira, é de 75 GW ou 144,3 TWh/ano, quando considerados os ventos médios de 7 m/s a 50m de altura, de acordo com a TAB. 7.1 e a FIG. 7.3. Esse é o maior potencial do país, respondendo por 52,3% do potencial total estimado para a geração de eletricidade proveniente da energia eólica no país. Os dados demonstram que essa região é um ponto estratégico para a implementação desse tipo de tecnologia para a geração de eletricidade no Brasil.

O ANEXO C apresenta os mapas do potencial eólico brasileiro anual, da velocidade média anual do vento a 50 metros de altura, dados em m/s, e também o mapa do potencial eólico da região nordeste brasileira.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2012, com ano base 2011 (EPE, 2012a), a produção de eletricidade a partir de fontes eólicas foi de 2.705 GWh, 24% maior que no ano anterior, quando a produção foi de 2.177 GWh. Em 2011, a potência instalada para geração eólica aumentou 53,7% quando comparada a 2010, chegando ao valor de 1.426 MW de potência instalada. A TAB. 7.2 mostra a evolução da produção e do consumo de energia eólica no Brasil entre os anos de 2002 e 2011.

TABELA 7.2 – Evolução da produção e do consumo de energia eólica no Brasil (GWh)

Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Geração total*	56	63	74	74	342	668	1183	1238	2177	2705
Consumo total	56	63	74	74	342	668	1183	1238	2177	2705

*Para estimar os dados não informados, foi considerado o fator de capacidade médio do parque eólico nacional de 32,0%.
Fonte: EPE, 2012.

É notável a evolução da geração de energia a partir de fonte eólica no país entre os anos de 2002 e 2011, ou seja, a geração total a partir desta fonte aumentou mais de 48 vezes entre os anos de referência. Um aumento de aproximadamente 4.830%.

Esse grande aumento deve-se, em grande parte, ao PROINFA, um programa pioneiro que impulsionou algumas fontes alternativas para geração de energia, dando um maior incentivo à energia eólica. (PROINFA, 2012).

7.1.2 Viabilidade econômica da energia eólica considerando seus custos ambientais

De acordo com Blasques et al. (2005), a geração de um sistema eólico pode ser obtido de acordo com a equação (7.2). O fator de capacidade médio é de 30% para esses sistemas.

$$E_{EOL} = P \cdot \Delta T \cdot C \quad (7.2)$$

Onde:

E_{EOL} = energia elétrica gerada pelo sistema (kWh);

ΔT = tempo (h);

P = potência nominal do sistema eólico (w ou kW);

C = fator de capacidade do sistema.

Nesse estudo, a equação para o cálculo da energia é fornecida para que os usuários do programa PEASEB possam fazer seus cálculos de forma independente para os seus projetos de sistemas eólicos. Alguns fabricantes já fornecem o valor da energia gerada para seus específicos sistemas. Nesse trabalho, a energia gerada foi fornecida pelo fabricante.

Optou-se, então, pela utilização de geradores que fornecem 40 kWh/mês de energia, que são os geradores disponíveis na faixa de geração estipulada para o trabalho.

Segundo Dutra e Tolmasquim (2002), a energia gerada para um sistema deve considerar o seu tempo de vida, estimado em 20 anos, pois esse é o tempo de vida útil das turbinas, e pode ser obtida por (7.3):

$$E_{Eol20anos} = E_{EolM} \cdot n_m \cdot n_a \quad (7.3)$$

Onde:

$E_{Eol20anos}$ = energia eólica gerada por um sistema em 20 anos (kWh);

n_m = número de meses;

n_a = número de anos.

Dessa forma, então, a energia gerada por um sistema eólico durante seu tempo estimado de vida útil é de:

$$E_{Eol20anos} = 9.600kWh$$

A partir do montante mensal produzido por cada sistema eólico será calculado o número de sistemas necessários para o atendimento de cada

município. Para o sistema eólico, cada família receberá mensalmente 40 kWh devido às limitações técnicas já mencionadas e, nesse caso, os sistemas serão isolados. Assim, o número de sistemas eólicos (n_{SEol}) necessários será igual ao número de famílias constituídas por 5 componentes, em média. Para se obter o número de sistemas eólicos, divide-se a população total por 5.

A partir da determinação do número de sistemas a serem implementados, é possível obter a quantidade de energia que será efetivamente gerada no município, durante toda a vida útil dos sistemas eólicos que atenderão o número de famílias calculadas a partir da projeção do IBGE. Esse número é calculado pela equação (7.4). Esse dado será necessário para a valoração das externalidades.

$$E_{Eol(EG)20anos} = n_{SEol} \cdot E_{Eol20anos} \quad (7.4)$$

Onde:

$$E_{Eol(EG)20anos} = \text{energia efetivamente gerada no município em 20 anos.}$$

Os custos totais do sistema devem considerar: os custos iniciais de implantação (CI) necessários para a operação do sistema de energia; os custos de reposição (CR) dos principais componentes do sistema devido à sua vida útil; os custos de operação (CO) necessários ao funcionamento do sistema, sendo considerados basicamente o custo dos combustíveis e o custo de manutenção (CM) preventiva e corretiva. Assim, o Custo Total de um sistema eólico pode ser obtido por (7.5) (Blasques et al., 2005).

$$CT_{Eol} = CI + CR + CO + CM \quad (7.5)$$

Para determinar o custo dos sistemas, os cálculos levam em consideração o tempo de vida estimado dos sistemas eólicos. O sistema utilizado para esse trabalho é um sistema *Off-Grid* (desconectado da rede, ou seja, geração descentralizada) (FIG. 7.5).



Fonte: Energia Pura (2013)

FIGURA 7.4 – Sistema eólico isolado

Fazem parte desse sistema: um aerogerador completo com controlador de carga interno, vento para início de geração de 2,68m/s, potência nominal de 160 watts a 12,5 m/s (300 W pico), controlador da turbina por microprocessador regulador interno inteligente. Sua capacidade de geração é de 40 kWh/mês. De acordo com as especificações técnicas do fabricante e do revendedor, o aerogerador não necessita de manutenção, e o seu valor unitário é de R\$ 3.543,00. Também, segundo o fabricante e o revendedor, duas baterias estacionárias de 220 Ah com 5 anos de vida útil são utilizadas. O valor unitário da bateria é de R\$ 1.216,00 (Energia Pura, 2013).

Além desses componentes, é necessária a instalação de um inversor de potência. O tempo de vida médio de um inversor é de aproximadamente 10 anos, de acordo com Shayani et al. (2006), e o custo unitário desse componente, segundo a Kyocera Solar do Brasil (2012), é de R\$ 3.237,63.

Assim, a partir das especificações do sistema, é possível determinar algumas premissas para o cálculo de custos do sistema eólico. São necessárias apenas 3 reposições de baterias durante a vida útil do sistema, que serão incluídas em CR. Não haverá CO já que, como descrito anteriormente, esse custo refere-se basicamente ao custo ligado ao combustível, e não se aplica à energia eólica. E, finalmente, o CM será inexistente, pois o fabricante e o revendedor

atestam que não há necessidade de manutenção do aerogerador durante a vida útil do equipamento. Com base nessas informações, o cálculo do custo do sistema eólico será reduzido (equação 7.5), apenas para o custo de instalação e reposição (equação 7.6).

$$CT_{Eol} = CI + CR \quad (7.6)$$

Então, o Custo Total do sistema pode ser dado por (7.7):

$$CT_{Eol} = [(1 \cdot V_{Aero}) + (2 \cdot V_B) + (1 \cdot V_I)] + [3(2 \cdot V_B) + (1 \cdot V_I)] \quad (7.7)$$

Onde:

V_{Aero} = valor do aerogerador;

V_B = valor da bateria;

V_I = valor do inversor.

Assim, o valor de um sistema eólico, durante 20 anos, é de:

$$CT_{Eol} = 19.746,26 \text{ (R\$)}$$

A partir dos dados referentes à geração e ao custo dos sistemas, é possível obter o valor do custo ambiental do sistema de energia eólica. Para a energia dos ventos, esses custos serão avaliados a partir do custo evitado, por meio da substituição do óleo diesel pela energia eólica, considerando a possibilidade da venda de créditos de carbono. Então, o VERA do diesel e o VERA da energia eólica podem ser calculados pela equação (7.8).

$$VERA = E_{Eol(EG)20anos} \cdot V_{CER} \cdot EmC_{eq} \quad (7.8)$$

Onde:

$VERA$ = valor econômico do recurso ambiental ar poluído;

V_{CER} = valor do crédito de carbono;

EmC_{eq} = emissões de carbono equivalente.

O valor adotado para cada crédito de carbono foi de US\$ 5,00 (R\$ 2,2779). As emissões de carbono equivalente utilizadas para os cálculos são as constantes da TAB. 4.1: 755 gCO₂eq/kWh_{EI} (0,000755 tCO₂eq/kwh_{EI}) para o diesel e 5,4 gCO₂eq/kWh_{EI} (0,0000054 tCO₂eq/kwh_{EI}), para energia eólica.

O custo evitado para o meio ambiente utilizando a energia eólica em substituição ao óleo diesel é obtido pela equação (7.9).

$$CE_{Eol} = VERA_{Eol} - VERA_{DIESEL} \quad (7.9)$$

Onde:

CE_{Eol} = custo evitado pela utilização da energia eólica.

Assim, o custo total do empreendimento utilizando energia eólica é dado pela equação (7.10).

$$CTE_{Eol} = n_{SEol} \cdot CT_{Eol} + CE_{Eol} \quad (7.10)$$

Onde:

CTE_{Eol} = custo total do empreendimento utilizando energia eólica.

O valor do kWh gerado em 20 anos para um sistema de energia eólica é obtido pela equação (7.11).

$$V_{kWh(Eol)} = \frac{CTE_{Eol}}{E_{Eol(EG)20anos}} \quad (7.11)$$

Onde:

$V_{kWh(Eol)}$ = valor do kWh gerado pelo sistema de energia eólica.

Após o equacionamento dos custos de todas as fontes aqui analisadas, o programa PEASEB foi reprogramado com as atualizações realizadas.

A seguir, será feita a descrição da nova versão do programa e de suas funcionalidades para cada uma das fontes de energia estudadas.

8 O PROGRAMA PEASEB

O PEASEB, desenvolvido no trabalho de Vanni (2008), teve como objetivo calcular os custos das fontes de energia solar, eólica e biomassa. No entanto, no trabalho original, não foram realizados os cálculos de custo ambiental, que é o objeto desse trabalho.

Este capítulo apresenta as modificações realizadas na versão original do programa, o seu funcionamento e as telas de interfaces. Uma breve orientação sobre como utilizá-lo será fornecida ao usuário.

8.1 O programa PEASEB/v2

Para o desenvolvimento do programa PEASEB/v2, foi utilizada a linguagem de programação VBA (*Visual Basic for Application*) combinada com a *Microsoft Excel*. Esse 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 e de fácil utilização.

A principal alteração feita no programa original foi a inserção dos cálculos dos custos ambientais para cada uma das fontes estudadas nesse trabalho. Na primeira versão do programa, o custo ambiental foi considerado um percentual fixo para todas as fontes avaliadas, o que elevava o valor final do empreendimento em 10%, pois se admitiu uma externalidade negativa. No entanto, a adequação do modelo proposto nesse trabalho trará maior veracidade aos resultados, ou seja, o conhecimento dos reais custos de cada fonte facilitará a tomada de decisão.

A partir do equacionamento das fontes alternativas de energia aqui estudadas, foram consideradas duas novas configurações para energia solar e de biomassa. Nesse trabalho, foram propostas as fontes solar em minirredes e a de biomassa com resíduos agrícolas, cujos cálculos foram inseridos na nova versão do PEASEB/v2. A FIG. 8.1 mostra as novas telas de abertura do programa que foram adequadas para atender os cálculos da viabilidade econômica, levando em conta os custos evitados para as fontes alternativas de energia consideradas e suas novas configurações.

O usuário do PEASEB/v2 deverá ter conhecimento prévio da localização do empreendimento e das necessidades de geração de energia para região estudada, a fim de fornecer de forma correta os dados de entrada para o programa. Embora o Maranhão tenha sido o estado analisado no trabalho original, esse estudo foi estendido para toda a região nordeste do Brasil, utilizando as informações da disponibilidade média das fontes da região.



FIGURA 8.1 – Tela de abertura do PEASEB/v2

O PEASEB/v2 foi reprogramado levando em consideração as equações definidas nos capítulos 5, 6 e 7, que são relativas a cada uma das fontes alternativas de energia abordadas nesse trabalho.

8.1.1 Energia solar fotovoltaica no PEASEB/v2

Ao utilizar esse programa para os cálculos da energia solar, o usuário deverá clicar no botão “Sistema Isolado” ou no botão “Minirredes”, seguindo os passos:

- clicar na planilha “ABERTURA” do programa PEASEB/v2;
- para calcular um dos sistemas para energia solar, o usuário deverá clicar no índice, no botão: “Sistema Isolado” ou “Minirredes”, onde haverá um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar” ou para o “Sistema Isolado” ou em “Minirredes”, onde são inseridos os dados de entrada;
- o resumo dos custos da energia solar para uma das duas opções de sistema gerado pelo programa será direcionado para a pasta “tabela” ;
- os gráficos dos custos da energia solar para cada um dos sistemas, gerado pelo programa, serão direcionados para as pastas “grafesolarSI”, para o sistema isolado, e “grafesolarMR”, para o sistema em minirredes.

Para exemplificar o uso do programa, a sua utilização será demonstrada na FIG. 8.2.. Se o usuário clicar no botão “Sistema Isolado”, será remetido, por meio de um *link*, para outra tela de trabalho, denominada de “Cálculo da Viabilidade Econômica – Sistema Isolado”. Nessa tela, o usuário fornecerá alguns dados para o cálculo da viabilidade econômica considerando o custo ambiental dessa fonte. A FIG. 8.2 apresenta os campos preenchidos e os cálculos do custo total do empreendimento para o sistema isolado, para um determinado município do Nordeste, onde o custo evitado foi internalizado no custo final. Os dados dos componentes utilizados para os cálculos e os dados operacionais foram fornecidos no capítulo 5.

Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar - Sistema Isolado

Consumo de Energia Elétrica
Para cada 5 hab. - kWh/mês: 80

Número de pessoas: 2290

Número de Sistemas: []

Potência: 1,12 kWh

Insolação Média anual: 5,9 horas/m²

Fator de capacidade solar: 0,75

Energia em 1 dia: 1,0 kWh/dia

Produção de Energia Elétrica por 1 sistema: []

Consumo Total de Energia: [] ok

Diagrama do Sistema: CONTROLADOR DE CARGA, PAINEL FOTOVOLTAICO, INVERSOR DC/AC, BATERIAS, APARELHOS ELÉTRICOS (AC)

Componentes e Custos:

- Painel Fotovoltaico 15V 3A 45Wpico:** preço unitário: 900,00
- (***) Controlador de Carregamento 12Vcc/45:** preço unitário: 530,48
- (***) Inversor 1500, 12Vcc/110:** preço unitário: 3237,63
- (**) Bateria 165Ah:** preço unitário: 757,00
- (*) Kit(mat. elétrico):** preço unitário: 1632,26
- (*) Quadro pré-moldado:** preço unitário: 1020,43
- (*) Efix:** preço unitário: 2651,61
- (*) Sinst:** preço unitário: 7986,32

Outros Campos:

- Vsol:** 0,0 moeda
- Vcer:** 5,00 moeda
- Vdolar:** 2,2779 moeda
- Emiss tCO2eq/kWh:** 0,000755
- Custo Ambiental (moeda):** []
- (*) Custo Total de 1 sistema (moeda):** []
- (*) Custo Total do Empreendimento (moeda):** []
- Custo da Energia Solar (moeda/kwh):** [] ok
- Graficos da Energia Solar:** []

Microsoft Excel
Custo total do Empreendimento da Energia Solar - Sistema Isolado 32933563,4667 moeda em 30 anos.
OK

FIGURA 8.2 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Solar – Sistema Isolado

O usuário também poderá preencher os campos solicitados com as informações dos componentes com valores atualizados e com outros valores de consumo de energia, insolação média anual e fator de capacidade, além dos dados para o cálculo do custo evitado, lembrando que o sistema deverá ter a mesma configuração apresentada no capítulo 5.

A pasta “tabela” contém um resumo dos cálculos da viabilidade econômica da energia solar - sistema isolado, dados estes gerados pelo PEASEB/v2 (FIG 8.3).

A FIG. 8.4 apresenta a pasta “grafsolarSI” com os gráficos para o sistema isolado dos custos: total do empreendimento, de um sistema e por kWh, todos na moeda adotada em função do número de habitantes dos municípios selecionados.

P15						
A	B	C	D	E	F	G
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÓMICA DA ENERGIA SOLAR - Sistema Isolado						
Consumo de Energia Eléctrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
2290	24854835,6	298258027,2	30	8347740816		
pico						
insolação média	fator de capacidade solar					
1,12	5,3	0,75				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	4,956					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	1808,94					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	54268,2					
Energia Produzida em MWh	54,2682					
Número de Sistemas	458					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	72374					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	32933563,47					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	277944,9487					
CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONÓMICA DA ENERGIA SOLAR - Sistema Isolado						
Consumo de Energia Eléctrica kWh	Número de pessoas	Consumo Mensal	Consumo Anual	anos	Consumo Previsto	
5107	55429539,48	665154473,8	30	19954634213		
pico						
insolação média	fator de capacidade solar					
1,12	5,3	0,75				
Energia Produzida em 1 dia (kWh)	4,956					
Energia Produzida em 1 ano (kWh)	1808,94					
Energia Produzida em 30 anos (kWh)	54268,2					
Energia Produzida em MWh	54,2682					
Número de Sistemas	10214					
Custo Total de 1 sistema em 30 anos (moeda)	72374					
Custo do empreendimento em 30 anos (moeda)	73446160,37					
Custo da Energia Solar (moeda/kWh)	1382354,838					

FIGURA 8.3 – Tabela para a Energia Solar – Sistema Isolado

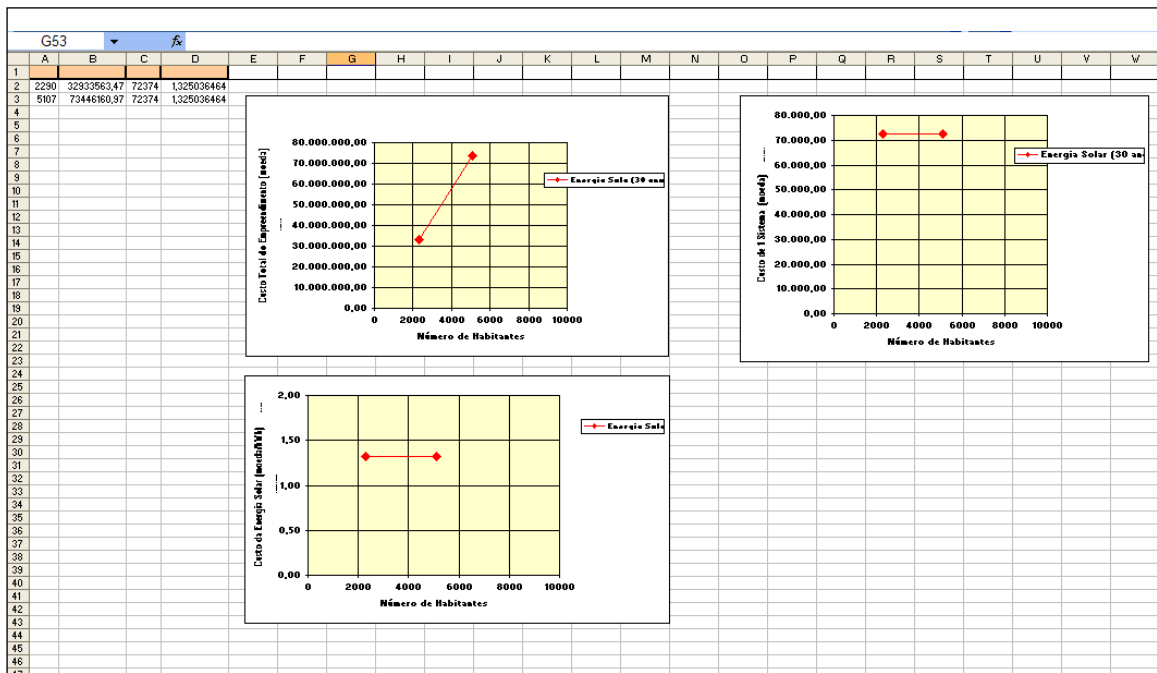


FIGURA 8.4 – GRAFSOLARSI : Solar – Sistema Isolado

O APÊNDICE C apresenta a listagem da programação feita em VBA apenas para o cálculo dos custos para a fonte de energia solar em sistema isolado, pois no caso das minirredes, da energia da biomassa em suas duas configurações e da energia eólica, a programação é semelhante.

No caso da energia em minirredes, será apresentada apenas a tela de entrada, lembrando que, para acessá-la, o usuário deverá clicar no botão “Minirredes”, que tem um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de

“Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar – Minirredes”, como pode ser observado na FIG. 8.5. O usuário poderá utilizar os valores *default*, que estão na própria tela, ou utilizar os valores atualizados para a mesma configuração sugerida no trabalho. Nesse caso, também são gerados pelo programa: a pasta “tabela”, com os principais cálculos e uma pasta de gráficos “grafsolarMR”, com os gráficos do custo do empreendimento, considerando o custo evitado, o custo de um sistema e o custo por kWh, todos em função do número de habitantes para um município estudado.

The screenshot displays the 'Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar - Minirredes' software interface. The window is titled 'Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Solar - Minirredes'. It features several input fields and buttons for configuring a solar system. On the left, there are fields for 'Consumo de Energia Elétrica' (50 kWh/mês), 'Número de pessoas' (2290), 'Potência' (2,16 kWh), 'Insolação Média anual' (5,9 horas/m²), and 'Fator de capacidade solar' (0,75). A central diagram shows a solar panel connected to a battery and a house. On the right, there are fields for component prices: 'Painel Fotovoltaico 15V 3A 45Wpico' (1222,22), 'Controlador de Carregamento 12Vcc/45' (7000,00), 'Inversor 1500, 12Vcc/110' (15000,00), 'Bateria 165Ah' (1000,00), 'Kit(mat. elétrico)' (9300,00), and 'Quadro pré-moldado' (3000,00). Below these are fields for 'Emiss' (0,000755 tCO₂eq/kWh) and 'Custo Ambiental (moeda)'. At the bottom, there are buttons for 'Consumo Total de Energia', 'Custo Total de 1 sistema (moeda)', 'Custo Total do Empreendimento (moeda)', 'Custo da Energia Solar (moeda/kWh)', and 'Gráficos da Energia Solar'. A 'Microsoft Excel' dialog box is open at the bottom, displaying the calculated total cost of the solar system over 30 years as 18158500,0244079 moeda.

FIGURA 8.5 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Solar – Minirredes

Na sequência, serão apresentadas apenas as telas de entrada para cada uma das outras fontes de energia estudadas, embora em todas elas sejam também geradas as pastas com os principais cálculos e os gráficos dos custos.

8.1.2 A energia da Biomassa no PEASEB/v2

Ao utilizar o programa PEASEB/v2 para o cálculo dos custos das biomassas de resíduos agrícolas ou de óleo de dendê, o usuário deverá clicar no índice, no botão “Resíduos Agrícolas” ou no botão “Óleo de Dendê”.

Se a opção for “Resíduos Agrícolas”, o botão tem um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo da Viabilidade Econômica da Biomassa – Resíduos Agrícolas”, como pode ser observado na FIG. 8.6. Além dos dados operacionais da instalação, o usuário também deverá fornecer os valores unitários na moeda desejada de cada um dos componentes do sistema, como também as informações para o cálculo do custo evitado na moeda desejada. Nesse caso, foram utilizadas as informações fornecidas no Capítulo 6.

Cálculo de Viabilidade Econômica - Biomassa Resíduos Agrícolas

Consumo de Energia Elétrica
Para cada 5 hab. - kWh/mês: 50,0

Número de pessoas: 2290

Potência
kW: 100,0

Fator de carga: 0,275

Fator de perda: 1,1

Consumo Total de Energia [ok]

Número de Sistemas

Produção de Energia Elétrica por 1 sistema

Vresíduo agrícola
moeda: 0,0

Vcer
moeda: 5,00

Vdólar
moeda: 2,2779

emiss
tCO₂/kWh: 0,000755

Custo ambiental (moeda)

* O período de 25 anos é a expectativa de vida do sistema de bio

Área Casa de Máquinas: 50,00 m²

Custo de Operação
preço unitário: 0,43

Serviços de Manutenção
preço unitário: 0,85

(*) Custo Total de 1 sistema (moeda)

(*) Custo Total do Empreendimento (moeda)

Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh) [ok]

Equipamentos
preço unitário: 4799,83

Acessórios
preço unitário: 719,97

Casa de Máquinas
preço unitário: 884,18

Poder Calorífico Médio: 0,55

Gráficos da Energia Biomassa

Microsoft Excel

Custo total do Empreendimento da Energia Biomassa de Resíduos Agrícolas 11278659,7944556 moeda em 25 anos.

[OK]

FIGURA 8.6 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa – Resíduos Agrícolas

O PEASEB/v2 gerará uma pasta “tabela”, com os principais resultados e uma pasta “grafbioRA”, com os gráficos dos custos em função do número de habitantes da comunidade escolhida.

Se o usuário optar por utilizar a energia de biomassa de óleo de dendê, deverá clicar no botão “Óleo de Dendê”, na tela de “ABERTURA”, que tem um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica – Biomassa – Óleo de Dendê”. Nesse caso, o usuário também deverá

preencher as informações solicitadas na tela, conforme FIG. 8.7. Os dados utilizados são os fornecidos no capítulo 6.

The screenshot displays the 'Cálculo de Viabilidade Econômica - Dendê' application interface. The main window contains several input fields and buttons for calculating the economic viability of biomass energy. The inputs include:

- Consumo de Energia Elétrica:** 50,0 kWh/mês (Para cada 5 hab. - kWh/mês)
- Número de pessoas:** 2290
- Potência:** 100,0 kW
- Fator de carga:** 0,275
- Fator de perdas:** 1,1
- Equipamentos Casa de Força:** 182547,4 (preço unitário)
- Serviços de Manutenção:** 0,52 (preço unitário)
- Serviços de Operação:** 0,33 (preço unitário)
- Valor do litro de óleo:** 1,85 (preço unitário)
- Vóleo:** 0,0 (moeda)
- Vcver:** 5,00 (moeda)
- Vdólar:** 2,2779 (moeda)
- emiss:** 0,000755 (tCO₂/kWel)

Buttons for calculation include 'Consumo Total de Energia', 'Número de Sistemas', 'Produção de Energia Elétrica por 1 sistema', 'Custo ambiental (moeda)', 'Custo da Energia Biomassa (moeda/kWh)', and 'Graficos da Energia Biomassa'. A central image shows a glass of oil surrounded by agricultural products. A Microsoft Excel window is overlaid on top, displaying the calculated total cost of the biomass energy project in Dendê oil over 20 years: 'Custo total do Empreendimento da Energia Biomassa de Óleo de Dendê 6046947,998228 moeda em 20 anos.'

FIGURA 8.7 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Biomassa – Óleo de Dendê

Como nos casos anteriores, o PEASEB/v2 gera a pasta “tabela”, onde estão os principais resultados, e uma pasta “grafbioOD”, com os gráficos dos custos em função da população local do município.

8.1.3 Energia Eólica no PEASEB/v2

Se o usuário optar pela energia eólica, deve clicar no botão “Energia Eólica”, que tem um *link* para outra pasta de trabalho, denominada de “Cálculo de Viabilidade Econômica - Energia Eólica”, onde são inseridos os dados de entrada, conforme FIG. 8.8.

FIGURA 8.8 – Cálculo da Viabilidade Econômica para Energia Eólica

Além dos dados da instalação, o usuário também deverá fornecer os valores unitários na moeda desejada de cada um dos componentes do sistema eólico e os valores dos parâmetros para o cálculo dos custos evitados. Os dados utilizados são os fornecidos no capítulo 7.

A pasta “tabela” contém um resumo dos cálculos de viabilidade econômica da energia eólica, que também é gerado pelo PEASEB/v2, além do “grafeol”, com os gráficos dos custos para uma determinada comunidade.

8.2 Resumo do PEASEB/v2

Na tela de “ABERTURA” do PEASEB/v2, há um botão “SOBRE o PEASEB/versão2”. Ao clicá-lo, o usuário terá acesso a algumas informações importantes: como utilizar o programa e as modificações realizadas na versão original (FIG. 8.10).

The image shows a screenshot of the PEASEB software interface. At the top, there are logos for 'Ministério de Minas e Energia', 'Eletrobrás', 'PROINFA', and 'Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Energético - IPE/Departamento de Desenvolvimento Energético - DDE'. The main title is 'PEASEB CÁLCULO DA VIABILIDADE ECONOMICA E CUSTO AMBIENTAL DAS ENERGIAS ALTERNATIVAS'. A central menu includes 'sobre o PEASEB/ versão 2', 'Mini-Redes', 'Energia Solar', and 'Sistema Isolado'. A window titled 'Sobre o PEASEB' is open, displaying the following text:

PROGRAMA PEASEAB/versão 2

Esta é uma nova versão do PEASEB (versão 2), onde foram incluídos os cálculos do custo ambiental nos custos finais de cada uma das fontes consideradas neste trabalho. Além disso, também foram acrescentadas duas planilhas de cálculo: uma para energia solar em mini-redes e outra para biomassa de resíduos agrícolas.

Para iniciar a utilização do PEASEB o usuário deve estar atento a algumas configurações de seu computador.

Caso seja necessário, deve-se diminuir a segurança para que as macros possam funcionar.

A respeito do formato numérico, o PEASEAB utiliza a vírgula como separador decimal e nenhum caractere como separador das casas dos milhares, isto, independe do PEASEAB e mesmo do EXCEL, dependendo do computador e da versão do sistema operacional instalado. Deve-se verificar esta opção no Painel de Controle do computador, a fim de que não haja problemas no PEASEAB.

Ao preencher as pastas do PEASEAB, se deve tomar o cuidado de preencher todos os campos possíveis para evitar mensagens de erro.

Outra recomendação é que o usuário não se esqueça de introduzir os valores default, caso isso aconteça os valores não serão gerados.

Pode-se observar que o PEASEAB facilita a entrada de dados quando os dados operacionais são mantidos na fonte alternativa, variando apenas o número de habitantes, guardando assim os itens anteriores.

Os dados da planilha "tabela" gerados são diferenciados por cores, rosa para energia solar fotovoltaica, azul para energia eólica e verde para energia de biomassa, o verde claro e laranja para os títulos e branco para os dados entrada e para os dados calculados. Caso o usuário gere informações erradas a respeito de uma das fontes alternativas, o programa permite que essas informações sejam apagadas e substituídas.

FIGURA 8.9 – Descrição do PEASEB/v2

O PEASEB/v2 foi testado com sucesso para todas as fontes de energia consideradas.

9 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do equacionamento proposto para a análise da viabilidade econômica das três fontes de energia estudadas nesse trabalho, levando em consideração seus custos ambientais, demonstrados detalhadamente nos capítulos 5, 6 e 7, o programa PEASEB foi totalmente atualizado e reprogramado, gerando a nova versão, PEASEB/v2.

Definidas as equações, os cálculos foram feitos inicialmente, utilizando a planilha EXCEL. Nos cálculos realizados, foram consideradas as configurações dos sistemas para todas as fontes alternativas estudadas, definidas para todos os municípios com até 10.000 habitantes, para os nove estados que compõem a região nordeste brasileira.

Após os cálculos iniciais e a inserção das novas equações no PEASEB, que deu origem ao PEASEB/v2, demonstrado de forma detalhada no capítulo 8, os cálculos foram refeitos, escolhendo-se aleatoriamente municípios de toda a região nordeste para a validação do programa. A nova versão do programa apresentou resultados idênticos aos obtidos na planilha EXCEL para os respectivos municípios e fontes de energia. Neste caso foram consideradas as fontes: solar (sistema isolado e minirredes), biomassa (resíduos agrícolas e óleo de dendê) e eólica.

O ANEXO B. apresenta as planilhas com a consolidação dos resultados obtidos a partir desses cálculos para todos os municípios da região nordeste. Os dados sintetizam os resultados obtidos dos custos ambientais e do custo dos empreendimentos, considerando a incorporação do custo evitado (externalidade positiva), calculado para todas as fontes alternativas de energia estudadas, obtendo-se, assim, os resultados das análises de viabilidade econômica dessas fontes.

Nas TAB 9.1 a 9.5 são mostrados os resultados completos para 3 municípios de cada estado, sendo um, o menor do estado em número de habitantes; outro intermediário em número de habitantes e o município mais populoso do estado, para as três fontes em todas as suas configurações.

TABELA 9.1 – Amostragem dos resultados para energia solar fotovoltaica em minirredes

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	nº de minirredes	Energia gerada em 30 anos (kWh)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
AL	Pindoba	2.857	571	143	14.966.394	128.697,11	22.708.397,14	22.579.700,03
AL	Palestina	5.201	1040	260	27.211.626	233.994,74	41.287.994,80	41.054.000,06
AL	Maravilha	9.981	1996	499	52.225.390	449.089,91	79.241.190,02	78.792.100,11
BA	Catolândia	3.215	643	161	16.850.276	144.896,75	25.566.796,78	25.421.900,03
BA	Cravolândia	5.048	1010	252	26.374.345	226.794,91	40.017.594,96	39.790.800,05
BA	Jucuruçu	9.972	1994	499	52.225.390	449.089,91	79.241.190,02	78.792.100,11
CE	Guaramiranga	3.956	791	198	20.722.700	178.196,00	31.442.396,04	31.264.200,04
CE	Pacujá	6.037	1207	302	31.607.350	271.793,90	47.957.593,96	47.685.800,06
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	460	48.143.646	413.990,70	73.047.990,80	72.634.000,10
MA	Junco do Maranhão	3.792	758	190	19.885.419	170.996,16	30.171.996,20	30.001.000,04
MA	Nova Colinas	5.034	1007	252	26.374.345	226.794,91	40.017.594,96	39.790.800,05
MA	Fernando Falcão	9.584	1917	479	50.132.188	431.090,32	76.065.190,42	75.634.100,10
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	341	85	8.896.109	76.498,28	13.497.998,30	13.421.500,02
PB	Vieirópolis	5.102	1020	255	26.688.326	229.494,85	40.493.994,90	40.264.500,05
PB	Juru	9.793	1959	490	51.283.449	440.990,10	77.811.990,20	77.371.000,10
PE	Fernando de Noronha	2.718	544	136	14.233.774	122.397,25	21.596.797,28	21.474.400,03
PE	Calumbi	5.643	1129	282	29.514.148	253.794,30	44.781.594,36	44.527.800,06
PE	Salgadinho	9.641	1928	482	50.446.168	433.790,26	76.541.590,36	76.107.800,10
PI	Miguel Leão	1.236	247	62	6.488.926	55.798,75	9.845.598,76	9.789.800,01
PI	Agricolândia	5.062	1012	253	26.479.005	227.694,89	40.176.394,94	39.948.700,05
PI	Benedictinos	9.943	1989	497	52.016.070	447.289,95	78.923.590,06	78.476.300,11
RN	Viçosa	1.633	327	82	8.582.128	73.798,34	13.021.598,36	12.947.800,02
RN	Sítio Novo	5.107	1021	255	26.688.326	229.494,85	40.493.994,90	40.264.500,05
RN	Luís Gomes	9.679	1936	484	50.655.488	435.590,22	76.859.190,32	76.423.600,10
SE	Amparo de São Francisco	2.290	458	115	12.035.912	103.497,68	18.261.997,70	18.158.500,02
SE	Feira Nova	5.363	1073	268	28.048.907	241.194,58	42.558.394,64	42.317.200,06
SE	Rosário do Catete	9.541	1908	477	49.922.868	429.290,36	75.747.590,46	75.318.300,10

TABELA 9.2 – Amostragem dos resultados para energia solar fotovoltaica em sistemas isolados

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	nº de sistemas isolados	Energia gerada em 30 anos (kWh)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
AL	Pindoba	2.857	571	571	31.008.849	266.647,34	41.354.503,60	41.087.856,26
AL	Palestina	5.201	1040	1040	56.449.782	485.415,76	75.283.434,80	74.798.019,04
AL	Maravilha	9.981	1996	1996	108.330.181	931.539,08	144.472.978,80	143.541.439,72
BA	Catolândia	3.215	643	643	34.894.453	300.059,93	46.536.482,00	46.236.422,07
BA	Cravolândia	5.048	1010	1010	54.789.175	471.136,09	73.068.790,40	72.597.654,31
BA	Jucuruçu	9.972	1994	1994	108.232.498	930.699,10	144.342.705,60	143.412.006,50
CE	Guaramiranga	3.956	791	791	42.937.000	369.218,37	57.262.308,80	56.893.090,43
CE	Pacujá	6.037	1207	1207	65.523.425	563.440,68	87.384.367,60	86.820.926,92
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	1841	99.886.049	858.927,38	133.211.584,40	132.352.657,02
MA	Junco do Maranhão	3.792	758	758	41.157.003	353.912,05	54.888.441,60	54.534.529,55
MA	Nova Colinas	5.034	1007	1007	54.637.224	469.829,45	72.866.143,20	72.396.313,75
MA	Fernando Falcão	9.584	1917	1917	104.021.286	894.486,58	138.726.483,20	137.831.996,62
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	341	341	18.527.163	159.316,42	24.708.483,60	24.549.167,18
PB	Vieirópolis	5.102	1020	1020	55.375.271	476.175,97	73.850.429,60	73.374.253,63
PB	Juru	9.793	1959	1959	106.289.697	913.992,81	141.751.716,40	140.837.723,59
PE	Fernando de Noronha	2.718	544	544	29.500.194	253.674,30	39.342.506,40	39.088.832,10
PE	Calumbi	5.643	1129	1129	61.247.091	526.668,17	81.681.296,40	81.154.628,23
PE	Salgadinho	9.641	1928	1928	104.639.943	899.806,46	139.551.546,80	138.651.740,34
PI	Miguel Leão	1.236	247	247	13.415.099	115.357,41	17.890.852,80	17.775.495,39
PI	Agricolândia	5.062	1012	1012	54.941.126	472.442,72	73.271.437,60	72.798.994,88
PI	Beneditinos	9.943	1989	1989	107.917.743	927.992,49	143.922.936,40	142.994.943,91
RN	Viçosa	1.633	327	327	17.723.994	152.409,91	23.637.348,40	23.484.938,49
RN	Sítio Novo	5.107	1021	1021	55.429.539	476.642,63	73.922.803,60	73.446.160,97
RN	Luís Gomes	9.679	1936	1936	105.052.382	903.353,05	140.101.589,20	139.198.236,15
SE	Amparo de São Francisco	2.290	458	458	24.854.836	213.728,53	33.147.292,00	32.933.563,47
SE	Feira Nova	5.363	1073	1073	58.208.071	500.535,43	77.628.352,40	77.127.816,97
SE	Rosário do Catete	9.541	1908	1908	103.554.579	890.473,33	138.104.066,80	137.213.593,47

TABELA 9.3 – Amostragem dos resultados para biomassa de resíduos agrícolas

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	nº de minirredes	Energia gerada em 25 anos (kWh)	Custo Inicial estimado(CI) (R\$)	Custo estimado de manutenção (CM) (R\$)	Custo estimado de operação (CO) (R\$)	Custo do empreendimento (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
AL	Pindoba	2.857	571	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
AL	Palestina	5.201	1040	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
AL	Maravilha	9.981	1996	5	33.123.750	2.980.945,00	28.155.187,50	25.542.000,00	56.678.132,50	284.833,53	56.393.298,97
BA	Catolândia	3.215	643	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
BA	Cravolândia	5.048	1010	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
BA	Jucuruçu	9.972	1994	5	33.123.750	2.980.945,00	28.155.187,50	25.542.000,00	56.678.132,50	284.833,53	56.393.298,97
CE	Guaramiranga	3.956	791	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
CE	Pacujá	6.037	1207	3	19.874.250	1.788.567,00	16.893.112,50	15.325.200,00	34.006.879,50	170.900,12	33.835.979,38
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	4	26.499.000	2.384.756,00	22.524.150,00	20.433.600,00	45.342.506,00	227.866,82	45.114.639,18
MA	Junco do Maranhão	3.792	758	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
MA	Nova Colinas	5.034	1007	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
MA	Fernando Falcão	9.584	1917	4	26.499.000	2.384.756,00	22.524.150,00	20.433.600,00	45.342.506,00	227.866,82	45.114.639,18
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	341	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
PB	Vieirópolis	5.102	1020	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
PB	Juru	9.793	1959	5	33.123.750	2.980.945,00	28.155.187,50	25.542.000,00	56.678.132,50	284.833,53	56.393.298,97
PE	Fernando de Noronha	2.718	544	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
PE	Calumbi	5.643	1129	3	19.874.250	1.788.567,00	16.893.112,50	15.325.200,00	34.006.879,50	170.900,12	33.835.979,38
PE	Salgadinho	9.641	1928	4	26.499.000	2.384.756,00	22.524.150,00	20.433.600,00	45.342.506,00	227.866,82	45.114.639,18
PI	Miguel Leão	1.236	247	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
PI	Agricolândia	5.062	1012	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
PI	Benedictinos	9.943	1989	5	33.123.750	2.980.945,00	28.155.187,50	25.542.000,00	56.678.132,50	284.833,53	56.393.298,97
RN	Viçosa	1.633	327	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
RN	Sítio Novo	5.107	1021	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
RN	Luís Gomes	9.679	1936	4	26.499.000	2.384.756,00	22.524.150,00	20.433.600,00	45.342.506,00	227.866,82	45.114.639,18
SE	Amparo de São Francisco	2.290	458	1	6.624.750	596.189,00	5.631.037,50	5.108.400,00	11.335.626,50	56.966,71	11.278.659,79
SE	Feira Nova	5.363	1073	2	13.249.500	1.192.378,00	11.262.075,00	10.216.800,00	22.671.253,00	113.933,41	22.557.319,59
SE	Rosário do Catete	9.541	1908	4	26.499.000	2.384.756,00	22.524.150,00	20.433.600,00	45.342.506,00	227.866,82	45.114.639,18

TABELA 9.4 – Amostragem dos resultados para biomassa de óleo de dendê

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	nº de minirredes	Energia gerada em 20 anos (kWh)	Custo Inicial estimado(CI) (R\$)	Custo estimado de manutenção (CM) (R\$)	Custo estimado de operação (CO) (R\$)	Custo do empreendimento (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
AL	Pindoba	2.857	571	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
AL	Palestina	5.201	1040	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
AL	Maravilha	9.981	1996	5	26.136.000	912.737,35	13.590.720,00	15.956.028,00	30.459.485,35	224.745,36	30.234.739,99
BA	Catolândia	3.215	643	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
BA	Cravolândia	5.048	1010	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
BA	Jucuruçu	9.972	1994	5	26.136.000	912.737,35	13.590.720,00	15.956.028,00	30.459.485,35	224.745,36	30.234.739,99
CE	Guaramiranga	3.956	791	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
CE	Pacujá	6.037	1207	3	15.681.600	547.642,41	8.154.432,00	9.573.616,80	18.275.691,21	134.847,22	18.140.843,99
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	4	20.908.800	730.189,88	10.872.576,00	12.764.822,40	24.367.588,28	179.796,29	24.187.791,99
MA	Junco do Maranhão	3.792	758	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
MA	Nova Colinas	5.034	1007	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
MA	Fernando Falcão	9.584	1917	4	20.908.800	730.189,88	10.872.576,00	12.764.822,40	24.367.588,28	179.796,29	24.187.791,99
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	341	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
PB	Vieirópolis	5.102	1020	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
PB	Juru	9.793	1959	5	26.136.000	912.737,35	13.590.720,00	15.956.028,00	30.459.485,35	224.745,36	30.234.739,99
PE	Fernando de Noronha	2.718	544	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
PE	Calumbi	5.643	1129	3	15.681.600	547.642,41	8.154.432,00	9.573.616,80	18.275.691,21	134.847,22	18.140.843,99
PE	Salgadinho	9.641	1928	4	20.908.800	730.189,88	10.872.576,00	12.764.822,40	24.367.588,28	179.796,29	24.187.791,99
PI	Miguel Leão	1.236	247	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
PI	Agricolândia	5.062	1012	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
PI	Benedictinos	9.943	1989	5	26.136.000	912.737,35	13.590.720,00	15.956.028,00	30.459.485,35	224.745,36	30.234.739,99
RN	Viçosa	1.633	327	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
RN	Sítio Novo	5.107	1021	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
RN	Luís Gomes	9.679	1936	4	20.908.800	730.189,88	10.872.576,00	12.764.822,40	24.367.588,28	179.796,29	24.187.791,99
SE	Amparo de São Francisco	2.290	458	1	5.227.200	182.547,47	2.718.144,00	3.191.205,60	6.091.897,07	44.949,07	6.046.948,00
SE	Feira Nova	5.363	1073	2	10.454.400	365.094,94	5.436.288,00	6.382.411,20	12.183.794,14	89.898,14	12.093.896,00
SE	Rosário do Catete	9.541	1908	4	20.908.800	730.189,88	10.872.576,00	12.764.822,40	24.367.588,28	179.796,29	24.187.791,99

TABELA 9.5 – Amostragem dos resultados para energia eólica

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	nº de sistemas	Energia Gerada em 20 anos (kWh)	Custo do empreendimento (R\$)	VERA Diesel	VERA Eólica	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
AL	Pindoba	2.857	571	571	5.485.440	11.283.584,36	47.169,70	337,37	46.832,32	11.236.752,04
AL	Palestina	5.201	1040	1040	9.985.920	20.541.099,85	85.869,65	614,17	85.255,48	20.455.844,37
AL	Maravilha	9.981	1996	1996	19.163.520	39.419.480,41	164.788,50	1.178,62	163.609,88	39.255.870,53
BA	Catolândia	3.215	643	643	6.172.800	12.696.845,18	53.080,35	379,65	52.700,71	12.644.144,47
BA	Cravolândia	5.048	1010	1010	9.692.160	19.935.824,10	83.343,59	596,10	82.747,49	19.853.076,61
BA	Jucuruçu	9.972	1994	1994	19.146.240	39.381.940,94	164.639,91	1.177,56	163.462,35	39.218.478,60
CE	Guaramiranga	3.956	791	791	7.595.520	15.623.240,91	65.314,43	467,15	64.847,28	15.558.393,63
CE	Pacujá	6.037	1207	1207	11.591.040	23.841.634,32	99.672,19	712,89	98.959,31	23.742.675,02
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	1841	17.669.760	36.344.966,16	151.943,55	1.086,75	150.856,80	36.194.109,36
MA	Junco do Maranhão	3.792	758	758	7.280.640	14.975.563,58	62.606,75	447,78	62.158,97	14.913.404,62
MA	Nova Colinas	5.034	1007	1007	9.665.280	19.880.534,57	83.112,44	594,45	82.518,00	19.798.016,57
MA	Fernando Falcão	9.584	1917	1917	18.401.280	37.849.631,17	158.233,94	1.131,74	157.102,20	37.692.528,97
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	341	341	3.277.440	6.741.373,16	28.182,94	201,57	27.981,37	6.713.391,79
PB	Vieirópolis	5.102	1020	1020	9.795.840	20.149.083,70	84.235,14	602,48	83.632,66	20.065.451,04
PB	Juru	9.793	1959	1959	18.802.560	38.675.024,84	161.684,58	1.156,42	160.528,16	38.514.496,68
PE	Fernando de Noronha	2.718	544	544	5.218.560	10.734.066,94	44.874,78	320,96	44.553,82	10.689.513,12
PE	Calumbi	5.643	1129	1129	10.834.560	22.285.629,04	93.167,17	666,36	92.500,81	22.193.128,23
PE	Salgadinho	9.641	1928	1928	18.510.720	38.074.738,53	159.175,02	1.138,47	158.036,55	37.916.701,98
PI	Miguel Leão	1.236	247	247	2.373.120	4.881.275,47	20.406,63	145,95	20.260,68	4.861.014,80
PI	Agricolândia	5.062	1012	1012	9.719.040	19.991.113,62	83.574,73	597,75	82.976,98	19.908.136,65
PI	Beneditinos	9.943	1989	1989	19.090.560	39.267.412,64	164.161,11	1.174,13	162.986,98	39.104.425,66
RN	Viçosa	1.633	327	327	3.135.360	6.449.128,52	26.961,19	192,83	26.768,35	6.422.360,16
RN	Sítio Novo	5.107	1021	1021	9.805.440	20.168.829,96	84.317,69	603,07	83.714,62	20.085.115,34
RN	Luis Gomes	9.679	1936	1936	18.583.680	38.224.810,11	159.802,41	1.142,96	158.659,45	38.066.150,65
SE	Amparo de São Francisco	2.290	458	458	4.396.800	9.043.787,08	37.808,40	270,42	37.537,98	9.006.249,10
SE	Feira Nova	5.363	1073	1073	10.296.960	21.179.838,48	88.544,31	633,30	87.911,01	21.091.927,47
SE	Rosário do Catete	9.541	1908	1908	18.318.720	37.679.813,33	157.524,00	1.126,66	156.397,34	37.523.415,99

Os resultados globais indicam que a inclusão da variável ambiental para contabilizar os custos do empreendimento traz ganhos financeiros, sociais e ambientais à sociedade, já que um grande volume de gases poluentes para o meio ambiente deixará de ser emitido com a utilização de fontes alternativas de energia.

Para tornar mais viável a comparação entre as fontes estudadas, foram calculados os valores do kWh gerado a partir do custo do empreendimento e do custo do empreendimento com a internalização dos custos evitados, durante todo o tempo de vida útil de cada uma das fontes alternativas de energia. Também foi calculado o valor do custo evitado por kWh gerado. Os resultados são apresentados na TAB. 9.6.

TABELA 9.6 – Valores por kWh para as fontes alternativas de energia

<i>Fonte</i>	<i>Fotovoltaica</i>		<i>Biomassa</i>		<i>Energia Eólica</i>
	<i>Minirredes</i>	<i>Sistemas Isolados</i>	<i>Resíduos Agrícolas</i>	<i>Óleo de Dendê</i>	
Custo do empreendimento (R\$/kWh)	1,5173	1,3336	1,7111	1,1654	2,0569
Custo evitado (R\$/kWh)	0,0086	0,0086	0,0086	0,0086	0,0085
Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$/kWh)	1,5087	1,3250	1,7025	1,1568	2,0484

A partir dos dados da tabela acima, é possível analisar as vantagens e/ou desvantagens de cada fonte e avaliar qual seria a fonte mais viável para implementação no Nordeste brasileiro.

O custo do empreendimento por kWh gerado, sem a internalização do custo ambiental variou bastante entre todas as fontes analisadas. Esses custos foram crescentes :R\$ 1,1654/kWh, para a biomassa de óleo de dendê; R\$ 1,3336/kWh, para a energia solar fotovoltaica em sistemas isolados; R\$ 1,5087/kWh, para a energia solar fotovoltaica em minirredes; R\$ 1,7111/kWh, para a biomassa de resíduos agrícolas e R\$ 2,0569/kWh, para a energia eólica. O menor custo por kWh gerado, durante a vida útil dos sistemas, não considerando a externalidade, é o da energia originada a partir da biomassa de óleo de dendê, e o maior custo é o da energia gerada pela energia eólica.

Os valores da externalidade (custo evitado), que mostraram-se positivos, das fontes alternativas de energia adotadas para esse trabalho, estão muito próximos e até iguais para algumas delas, por kWh gerado. Os custos evitados de sistemas baseados em biomassa de óleo de dendê, da biomassa de resíduos agrícolas, energia solar fotovoltaica em minirredes e também em sistemas isolados, foram os maiores, em torno de R\$ 0,0086/kWh. A energia eólica teve o menor custo evitado: R\$ 0,0085/kWh.

Na análise do custo do empreendimento, considerando a internalização da externalidade por kWh gerado, a energia obtida a partir da biomassa de óleo de dendê em análise preliminar é a que possui o resultado mais atraente. Em ordem crescente, os valores encontrados para todas as fontes foram: R\$ R\$ 1,1568 kWh, para a biomassa de óleo de dendê; R\$ 1,3250/kWh, para a energia solar fotovoltaica em sistemas isolados; R\$ 1,5087/kWh, para a energia solar fotovoltaica em minirredes; R\$ 1,7025/kWh, para a biomassa de resíduos agrícolas e 2,0482/kWh, para a energia eólica. A energia eólica é a menos viável economicamente, segundo os cálculos realizados. A diferença entre a fonte mais viável e a menos viável é de 77,07%. Essa variação entre a primeira e a segunda mais viável é de 14,54%, segundo a TAB. 9.7.

TABELA 9.7 – Variação percentual entre os valores por kWh das fontes alternativas de energia considerando a externalidade

<i>Fonte*</i>	<i>Custo por kWh gerado considerando a externalidade</i>	<i>Variação (%)</i>
Biomassa de Óleo de Dendê	1,1568	0
Solar Fotovoltaica em Sistemas Isolados	1,3250	14,54
Energia Solar Fotovoltaica em Minirredes	1,5087	30,42
Biomassa de Resíduos Agrícolas	1,7025	47,17
Eólica	2,0484	77,07

*Fontes classificadas por ordem crescente de valor por kWh

A partir dos resultados é possível confirmar que, após os cálculos dos custos ambientais das fontes alternativas de energia solar, biomassa e eólica, a externalidade encontrada é positiva para todas elas, ou seja, todas as fontes

trazem benefícios ao meio ambiente e à comunidade, quando usadas para a geração de eletricidade em substituição ao óleo diesel.

Embora todas as fontes de energia alternativas aqui tratadas tragam vantagens econômicas, ambientais e sociais contribuindo para o desenvolvimento sustentável como comprovado pelos resultados, algumas fontes se destacam, devido à suas particularidades.

Em uma primeira análise, a fonte mais viável para a região nordeste é a biomassa de óleo de dendê, já que está entre as fontes com maior custo evitado na substituição pelo óleo diesel para a geração de energia elétrica, e possui o menor custo por kWh gerado. Contudo, o óleo de dendê é produzido em poucas localidades da região nordeste (alguns municípios da Bahia e Paraíba) e, se fosse adotada para toda a região, seriam acarretados custos de transporte elevados, que não foram considerados neste estudo. O transporte é um fator que eleva substancialmente o custo ambiental da fonte a ser implementada, por conta disso, adotou-se a premissa de utilização de matérias-primas produzidas localmente para a geração de energia elétrica. É preciso analisar também os usos alternativos dessa fonte, como sua utilização para fins alimentícios, que pode concorrer diretamente com a sua utilização na geração de energia elétrica, fator que pode encarecer esse combustível.

A biomassa de resíduos agrícolas é uma alternativa, quando se analisa seu custo evitado. Essa fonte foi adotada como alternativa nesse trabalho, pois pode ser amplamente aplicada no Nordeste brasileiro e é encontrada em boa parte dos municípios selecionados, fato que não ocorre com o óleo de dendê. Além disso, por se tratar de resíduos da produção, possui baixos impactos em usos concorrentes. Contudo, essa é uma fonte com custos relativamente altos para sua operacionalização.

A energia solar fotovoltaica em sistemas isolados também está entre as fontes com maior custo evitado. O seu custo por kWh ficou 14,54% acima do óleo de dendê. A fonte de energia utilizada é abundante na região, sendo o nordeste brasileiro a localidade do país com maior disponibilidade e menor variabilidade de irradiação solar. Assim, a energia originada da fonte solar tem capacidade de aplicação em todos os municípios nordestinos, e sua utilização não possui usos concorrentes. Além disso, entre todas as configurações apresentadas, a energia solar fotovoltaica em sistemas isolados é a que tem a maior capacidade de

fornecimento para cada família – 80 kWh/mês. A energia gerada a partir da energia fotovoltaica em minirredes possui as mesmas vantagens dos sistemas isolados, contudo fornece 50 kWh/mês para cada família, com um custo superior ao sistema isolado por kWh gerado.

A energia eólica, entre todas as alternativas analisadas, foi a fonte que apresentou o menor custo evitado, ou seja, é a fonte com menos benefícios ao meio ambiente, de acordo com os resultados. Isso pode ser justificado pelo fato dessa fonte apresentar emissões na geração de eletricidade, que em outras fontes são inexistentes. Ainda, essa fonte possui o mais elevado custo por kWh gerado entre as fontes alternativas.

É importante também considerar nas análises o tempo de vida útil de todos os sistemas e configurações estudadas. Aqueles baseados em energia solar possuem um maior tempo de vida útil, de 30 anos. Os sistemas que utilizam a biomassa de resíduos agrícolas possuem uma vida útil estimada em 25 anos e os sistemas eólicos e de biomassa de óleo de dendê, 20 anos.

Com base nos resultados e discussões apresentadas nesse capítulo, foi possível obter algumas conclusões importantes, que serão discutidas a seguir.

10 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados no capítulo 9, foi possível obter algumas conclusões importantes a respeito das fontes alternativas de energia, que contribuirão para a escolha da melhor opção.

Inicialmente, analisando-se as externalidades calculadas, as fontes com mais benefícios ambientais são as biomassas de óleo de dendê e de resíduos agrícolas, como também a energia solar em suas duas configurações. A energia eólica foi a fonte com o menor custo evitado, de acordo com os resultados. Contudo, todos os valores obtidos são muito próximos, o que evidencia que todas as fontes analisadas trariam benefícios à comunidade onde os sistemas fossem implementados e, também, à sociedade como um todo.

Além dos ganhos sociais e ambientais comprovados, as fontes alternativas de energia também trazem vantagens financeiras ao projeto, já que a adoção dessas fontes possibilita retornos monetários provenientes da venda dos créditos de carbono no mercado internacional, que podem ser reinvestidos no projeto.

Partindo para a análise de viabilidade das fontes em questão, em uma primeira análise, considerando apenas os cálculos efetuados, a energia elétrica gerada a partir da biomassa de óleo de dendê é a mais viável. Contudo, uma análise mais aprofundada demonstra que, devido às particularidades de seus insumos, esse sistema não pode ser aplicado em todo o Nordeste. Mas, para aplicações isoladas, em municípios onde houver a produção local do óleo de dendê e esse não tiver outros usos prioritários, essa fonte é uma boa alternativa para a geração de energia em substituição ao óleo diesel.

A energia solar fotovoltaica em sistemas isolados demonstra ser a alternativa mais viável, pois atende a todos os municípios analisados e possui vantagens sobre as outras fontes. Ela está entre as fontes com maior custo evitado, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável. Além disso, foi a fonte com o segundo melhor valor por kWh gerado, após a inclusão do custo evitado, perdendo apenas para a biomassa do dendê, que não pode ser aplicada a todos os municípios. Considerando o tempo de vida útil, a energia solar

fotovoltaica é também a melhor opção para a região nordeste, pois seu tempo de vida supera em 10 anos a do sistema de biomassa do óleo de dendê.

Vale salientar que, para aplicações isoladas, é necessário avaliar localmente as vantagens de cada uma das fontes alternativas de energia. Essa análise pode contribuir para maiores ganhos à comunidade, onde será implementado o projeto, além de reduzir os custos de produção devido ao aproveitamento da matéria-prima disponível localmente.

A seguir, são apresentadas algumas propostas de trabalhos futuros, dando continuidade a essa dissertação:

- extensão do programa PEASEB/v2 para outras fontes alternativas de energia;
- expansão da análise do custo ambiental para as fases de implantação do empreendimento e desativação das instalações geradoras de eletricidade;
- estudo de sistemas híbridos para pequenos municípios do Nordeste.

**APÊNDICE A – BANCO DE DADOS DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO
NORDESTE COM ATÉ 10.000 HABITANTES**

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
AL	Barra de São Miguel	7.755	76,616	98,86	1551
AL	Belém	4.635	48,630	83,58	927
AL	Belo Monte	6.499	334,146	21,04	1299,8
AL	Campestre	6.655	66,386	99,39	1331
AL	Campo Grande	9.273	167,321	53,98	1854,6
AL	Carneiros	8.548	113,061	73,32	1709,6
AL	Chã Preta	7.146	172,850	41,34	1429,2
AL	Coqueiro Seco	5.586	39,730	139,09	1117,2
AL	Feliz Deserto	4.482	91,839	47,31	896,4
AL	Jacaré dos Homens	5.352	142,341	38,03	1070,4
AL	Jacuípe	6.950	210,384	33,26	1390
AL	Japaratinga	7.888	85,948	90,22	1577,6
AL	Jaramataia	5.524	103,711	53,59	1104,8
AL	Jundiá	4.142	92,224	45,56	828,4
AL	Mar Vermelho	3.588	93,102	39,23	717,6
AL	Maravilha	9.981	302,057	34,05	1996,2
AL	Minador do Negrão	5.251	167,606	31,47	1050,2
AL	Monteirópolis	6.952	86,104	80,54	1390,4
AL	Olho d'Água do Casado	8.708	322,945	26,29	1741,6
AL	Olho d'Água Grande	4.967	118,510	41,83	993,4
AL	Palestina	5.201	48,895	104,55	1040,2
AL	Paulo Jacinto	7.412	118,457	62,69	1482,4
AL	Pindoba	2.857	117,595	24,37	571,4
AL	Porto de Pedras	8.156	257,656	32,71	1631,2
AL	Roteiro	6.607	129,290	51,48	1321,4
AL	Santa Luzia do Norte	6.967	29,604	232,77	1393,4
AL	São Brás	6.744	139,945	48,00	1348,8
AL	São Miguel dos Milagres	7.360	76,744	93,34	1472
AL	Tanque d'Arca	6.172	129,509	47,27	1234,4
BA	Abaíra	8.659	530,257	15,68	1731,8
BA	Aiquara	4.536	159,692	28,82	907,2
BA	Almadina	6.130	251,109	25,32	1226
BA	Apuarema	7.397	154,857	48,17	1479,4
BA	Aratuípe	8.632	181,140	47,47	1726,4
BA	Barra do Rocha	6.038	208,352	30,30	1207,6
BA	Barro Preto	6.122	128,381	50,26	1224,4
BA	Canápolis	9.395	437,218	21,52	1879
BA	Candeal	8.720	445,097	19,99	1744
BA	Caraíbas	9.879	805,629	12,69	1975,8
BA	Cardeal da Silva	9.030	256,914	40,30	1806
BA	Catolândia	3.215	642,568	4,06	643
BA	Caturama	8.817	664,552	13,31	1763,4
BA	Contendas do Sincorá	4.613	1044,687	4,46	922,6
BA	Cordeiros	8.245	535,486	15,25	1649
BA	Cravolândia	5.048	162,171	31,09	1009,6

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
BA	São Domingos	9.266	326,947	28,22	1853,2
BA	São José da Vitória	5.609	72,491	78,83	1121,8
BA	Tanquinho	8.035	219,849	36,42	1607
BA	Teodoro Sampaio	7.746	231,543	34,10	1549,2
BA	Várzea do Poço	8.759	204,914	42,27	1751,8
BA	Varzedo	8.987	226,796	40,16	1797,4
BA	Vereda	6.681	874,332	7,78	1336,2
BA	Wagner	8.985	421,004	21,34	1797
CE	Altaneira	7.033	73,296	93,54	1406,6
CE	Antonina do Norte	7.056	260,104	26,85	1411,2
CE	Arneiroz	7.667	1066,362	7,17	1533,4
CE	Baixio	6.072	146,433	41,15	1214,4
CE	Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	470,425	19,33	1840,6
CE	Ererê	6.922	382,707	17,27	1384,4
CE	General Sampaio	6.423	205,810	33,23	1284,6
CE	Granjeiro	4.551	100,127	46,23	910,2
CE	Guaramiranga	3.956	59,436	41,29	791,2
CE	Itaiçaba	7.428	212,109	34,86	1485,6
CE	Jati	7.647	361,072	21,21	1529,4
CE	Moraújo	8.225	415,633	19,42	1645
CE	Pacujá	6.037	76,128	78,63	1207,4
CE	Palhano	8.972	440,381	20,13	1794,4
CE	Penaforte	8.483	141,927	57,96	1696,6
CE	Potiretama	6.181	410,338	15,14	1236,2
CE	São João do Jaguaribe	7.788	280,456	28,17	1557,6
CE	Senador Sá	7.041	423,919	16,16	1408,2
CE	Tarrafas	8.865	454,391	19,61	1773
CE	Umari	7.562	263,930	28,59	1512,4
MA	Afonso Cunha	6.090	371,338	15,90	1218
MA	Amapá do Maranhão	6.583	502,402	12,80	1316,6
MA	Bacurituba	5.387	674,512	7,85	1077,4
MA	Belágua	6.986	499,426	13,06	1397,2
MA	Benedito Leite	5.497	1781,734	3,07	1099,4
MA	Bernardo do Mearim	6.111	261,451	22,93	1222,2
MA	Boa Vista do Gurupi	8.375	403,460	19,70	1675
MA	Brejo de Areia	4.962	362,464	5,26	992,4
MA	Cachoeira Grande	8.607	705,645	11,97	1721,4
MA	Central do Maranhão	8.120	319,336	24,72	1624
MA	Feira Nova do Maranhão	8.215	1473,415	5,52	1643
MA	Fernando Falcão	9.584	5086,584	1,82	1916,8
MA	Governador Luiz Rocha	7.462	373,164	19,66	1492,4
MA	Graça Aranha	6.150	271,444	22,62	1230
MA	Jatobá	9.051	591,384	14,42	1810,2
MA	Junco do Maranhão	3.792	555,088	7,24	758,4
MA	Lago dos Rodrigues	7.744	180,370	43,21	1548,8
MA	Lajeado Novo	7.106	1047,733	6,61	1421,2
MA	Luís Domingues	6.629	464,060	14,03	1325,8
MA	Marajá do Sena	7.751	1447,675	5,56	1550,2
MA	Milagres do Maranhão	8.195	634,737	12,79	1639

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
MA	Montes Altos	9.272	1488,336	6,32	1854,4
MA	Nova Colinas	5.034	743,106	6,57	1006,8
MA	Nova Iorque	4.598	976,853	4,70	919,6
MA	Porto Rico do Maranhão	5.978	218,831	28,31	1195,6
MA	Presidente Médici	6.564	437,687	14,56	1312,8
MA	Ribamar Fiquene	7.444	750,553	9,75	1488,8
MA	Sambaíba	5.522	2478,696	2,21	1104,4
MA	Santa Filomena do Maranhão	7.246	602,341	11,72	1449,2
MA	São Domingos do Azeitão	7.088	960,929	7,27	1417,6
MA	São Félix de Balsas	4.636	2032,364	2,31	927,2
MA	São José dos Basílios	7.506	362,692	20,67	1501,2
MA	São Pedro dos Crentes	4.486	979,631	4,52	897,2
MA	São Raimundo do Doca Bezerra	5.757	419,352	14,52	1151,4
MA	São Roberto	6.193	227,463	26,19	1238,6
MA	Sucupira do Riachão	5.466	564,968	8,17	1093,2
MA	Tasso Fragoso	8.008	4382,975	1,78	1601,6
MA	Tufilândia	5.651	271,010	20,65	1130,2
PB	Água Branca	9.611	236,608	39,94	1922,2
PB	Aguiar	5.514	344,708	16,04	1102,8
PB	Alcantil	5.282	305,394	17,16	1056,4
PB	Algodão de Jandaíra	2.390	220,249	10,74	478
PB	Amparo	2.119	121,984	17,12	423,8
PB	Aparecida	7.832	295,705	25,96	1566,4
PB	Areia de Baraúnas	1.901	96,343	20,00	380,2
PB	Assunção	3.607	126,427	27,86	721,4
PB	Baía da Traição	8.243	102,369	78,27	1648,6
PB	Baraúna	4.379	50,582	83,43	875,8
PB	Barra de Santana	8.191	376,912	21,77	1638,2
PB	Barra de São Miguel	5.679	595,211	9,43	1135,8
PB	Belém do Brejo do Cruz	7.163	595,211	9,43	1432,6
PB	Bernardino Batista	3.153	50,628	60,74	630,6
PB	Boa Ventura	5.625	170,580	33,71	1125
PB	Boa Vista	6.415	476,541	13,07	1283
PB	Bom Jesus	2.432	47,631	50,39	486,4
PB	Bom Sucesso	4.998	184,102	27,35	999,6
PB	Borborema	5.169	25,979	196,74	1033,8
PB	Brejo dos Santos	6.236	93,846	66,05	1247,2
PB	Cabaceiras	5.148	452,922	11,12	1029,6
PB	Cachoeira dos Índios	9.685	193,068	49,44	1937
PB	Cacimba de Areia	3.590	220,380	16,14	718
PB	Cacimbas	6.877	126,543	53,85	1375,4
PB	Caiçara	7.205	127,914	56,44	1441
PB	Cajazeirinhas	3.061	565,899	103,28	612,2
PB	Caldas Brandão	5.710	55,854	100,92	1142
PB	Camalaú	5.793	543,688	10,57	1158,6
PB	Capim	5.816	78,167	71,66	1163,2
PB	Caraúbas	3.951	497,204	7,84	790,2
PB	Carrapateira	2.441	54,524	43,61	488,2

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PB	Casserengue	7.132	201,381	35,05	1426,4
PB	Catingueira	4.822	529,454	9,09	964,4
PB	Caturité	4.598	118,081	38,47	919,6
PB	Condado	6.598	280,916	23,44	1319,6
PB	Congo	4.692	172,950	123,74	938,4
PB	Coxixola	1.802	169,878	10,43	360,4
PB	Cubati	6.939	136,967	50,13	1387,8
PB	Cuité de Mamanguape	6.214	108,448	57,19	1242,8
PB	Cuitegi	6.834	39,302	175,29	1366,8
PB	Curral de Cima	5.192	85,096	61,21	1038,4
PB	Curral Velho	2.497	222,957	11,24	499,4
PB	Damião	4.990	185,685	26,39	998
PB	Desterro	8.035	179,387	44,55	1607
PB	Diamante	6.571	269,111	24,58	1314,2
PB	Duas Estradas	3.611	26,262	138,53	722,2
PB	Emas	3.356	240,901	13,77	671,2
PB	Frei Martinho	2.935	244,317	12,00	587
PB	Gado Bravo	8.355	192,406	43,53	1671
PB	Gurjão	3.215	343,198	9,20	643
PB	Ibiara	5.978	244,485	24,67	1195,6
PB	Igaracy	6.134	192,260	32,02	1226,8
PB	Jericó	7.557	179,311	42,04	1511,4
PB	Juarez Távora	7.550	70,841	105,29	1510
PB	Junco do Seridó	6.745	170,420	38,98	1349
PB	Juru	9.793	403,279	24,37	1958,6
PB	Lagoa	4.657	177,902	26,31	931,4
PB	Lagoa de Dentro	7.413	84,508	87,21	1482,6
PB	Lastro	2.800	102,670	27,67	560
PB	Livramento	7.189	260,220	27,53	1437,8
PB	Logradouro	4.026	37,996	103,75	805,2
PB	Mãe d'Água	3.999	243,754	16,49	799,8
PB	Malta	5.602	156,242	35,93	1120,4
PB	Marcação	7.822	122,896	61,91	1564,4
PB	Marizópolis	6.257	63,610	97,04	1251,4
PB	Mataraca	7.641	184,299	40,19	1528,2
PB	Matinhas	4.357	38,124	113,34	871,4
PB	Mato Grosso	2.744	83,522	32,35	548,8
PB	Maturéia	6.076	83,687	70,97	1215,2
PB	Montadas	5.145	31,588	157,98	1029
PB	Monte Horebe	4.568	116,173	38,80	913,6
PB	Mulungu	9.542	195,314	48,48	1908,4
PB	Nazarezinho	7.252	191,487	38,02	1450,4
PB	Nova Olinda	6.012	84,253	72,04	1202,4
PB	Nova Palmeira	4.480	310,352	14,05	896
PB	Olho d'Água	6.796	596,129	11,63	1359,2
PB	Olivedos	3.693	317,915	11,41	738,6
PB	Ouro Velho	2.944	129,400	22,63	588,8
PB	Parari	1.816	128,484	9,78	363,2
PB	Passagem	2.272	111,876	19,96	454,4

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PB	Pedra Branca	3.726	112,933	32,95	745,2
PB	Pedra Lavrada	7.605	351,680	21,26	1521
PB	Pedro Régis	5.824	73,560	78,37	1164,8
PB	Pilões	6.854	64,446	108,28	1370,8
PB	Pilõezinhos	5.114	43,901	117,42	1022,8
PB	Poço Dantas	3.740	97,250	38,57	748
PB	Poço de José de Moura	4.046	100,971	39,40	809,2
PB	Prata	3.919	192,011	20,07	783,8
PB	Quixabá	1.759	156,683	10,84	351,8
PB	Riachão	3.338	90,151	36,23	667,6
PB	Riachão do Bacamarte	4.312	38,370	111,13	862,4
PB	Riachão do Poço	4.235	39,905	104,35	847
PB	Riacho de Santo Antônio	1.781	91,324	18,86	356,2
PB	Riacho dos Cavalos	8.352	264,025	31,49	1670,4
PB	Salgadinho	3.612	184,240	19,04	722,4
PB	Santa Cruz	6.471	210,165	30,79	1294,2
PB	Santa Helena	5.886	210,322	25,53	1177,2
PB	Santa Inês	3.538	324,425	10,91	707,6
PB	Santa Teresinha	4.559	357,953	12,80	911,8
PB	Santana de Mangueira	5.265	402,152	13,26	1053
PB	Santana dos Garrotes	7.173	353,815	20,54	1434,6
PB	Santo André	2.545	225,169	11,72	509
PB	São Domingos do Cariri	2.455	218,801	11,06	491
PB	São Francisco	3.349	95,055	35,39	669,8
PB	São João do Cariri	4.309	653,602	6,65	861,8
PB	São João do Tigre	4.384	816,116	5,39	876,8
PB	São José da Lagoa Tapada	7.560	341,805	22,13	1512
PB	São José de Caiana	6.052	176,327	34,08	1210,4
PB	São José de Espinharas	4.708	725,656	6,56	941,6
PB	São José de Princesa	4.106	158,023	26,70	821,2
PB	São José do Bonfim	3.303	134,724	24,00	660,6
PB	São José do Brejo do Cruz	1.707	253,019	6,66	341,4
PB	São José do Sabugi	4.027	206,915	19,38	805,4
PB	São José dos Cordeiros	3.709	417,745	9,54	741,8
PB	São José dos Ramos	5.600	98,232	56,07	1120
PB	São Mamede	7.708	530,728	14,60	1541,6
PB	São Miguel de Taipu	6.789	92,526	72,37	1357,8
PB	São Sebastião do Umbuzeiro	3.287	460,573	7,02	657,4
PB	Serra da Raiz	3.169	29,082	110,17	633,8
PB	Serra Grande	2.994	83,474	35,64	598,8
PB	Serra Redonda	7.012	55,905	126,11	1402,4
PB	Serraria	6.175	65,299	95,53	1235
PB	Sertãozinho	4.539	32,798	134,00	907,8
PB	Sobrado	7.447	61,743	119,42	1489,4
PB	Sossêgo	3.256	154,748	20,48	651,2
PB	Tenório	2.865	105,271	26,72	573
PB	Triunfo	9.246	219,866	41,93	1849,2

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PB	Umbuzeiro	9.698	181,327	51,28	1939,6
PB	Várzea	2.573	190,447	13,15	514,6
PB	Vieirópolis	5.102	146,779	34,37	1020,4
PB	Vista Serrana	3.572	61,361	57,24	714,4
PB	Zabelê	2.109	109,394	18,97	421,8
PE	Brejão	8.834	159,786	55,35	1766,8
PE	Brejinho	7.312	106,276	68,76	1462,4
PE	Calumbi	5.643	179,314	31,50	1128,6
PE	Camutanga	8.204	37,518	217,39	1640,8
PE	Fernando de Noronha	2.718	17,017	154,55	543,6
PE	Granito	6.968	521,942	13,13	1393,6
PE	Ibirajuba	7.549	189,596	39,74	1509,8
PE	Ingazeira	4.486	243,669	18,45	897,2
PE	Itacuruba	4.475	430,033	10,16	895
PE	Palmeirina	8.172	158,021	51,82	1634,4
PE	Quixabá	6.722	210,705	31,98	1344,4
PE	Salgadinho	9.641	87,217	104,84	1928,2
PE	Solidão	5.777	138,399	41,50	1155,4
PE	Terezinha	6.803	151,450	44,48	1360,6
PE	Terra Nova	9.534	320,501	28,87	1906,8
PE	Tuparetama	7.950	178,570	44,38	1590
PE	Verdejante	9.187	476,039	19,20	1837,4
PE	Vertente do Lério	7.773	73,631	106,93	1554,6
PI	Acauã	6.840	1279,586	5,27	1368
PI	Agricolândia	5.062	112,425	45,35	1012,4
PI	Alagoinha do Piauí	7.413	532,981	13,77	1482,6
PI	Alegrete do Piauí	5.173	282,710	18,23	1034,6
PI	Alvorada do Gurguéia	5.177	2131,922	2,37	1035,4
PI	Angical do Piauí	6.655	223,435	29,86	1331
PI	Anísio de Abreu	9.385	337,877	26,93	1877
PI	Antônio Almeida	3.068	645,745	4,71	613,6
PI	Aroazes	5.742	821,663	7,03	1148,4
PI	Arraial	4.655	682,760	6,87	931
PI	Assunção do Piauí	7.590	1690,704	4,44	1518
PI	Barra d'Alcântara	3.858	263,382	14,63	771,6
PI	Barreiras do Piauí	3.255	2028,292	1,59	651
PI	Barro Duro	6.580	131,119	50,39	1316
PI	Bela Vista do Piauí	3.854	499,393	7,57	770,8
PI	Belém do Piauí	3.388	243,282	13,50	677,6
PI	Benedictinos	9.943	788,584	12,57	1988,6
PI	Bertolínia	5.350	1225,336	4,34	1070
PI	Betânia do Piauí	6.042	564,711	10,65	1208,4
PI	Boa Hora	6.467	337,568	18,65	1293,4
PI	Bocaina	4.394	268,576	16,27	878,8
PI	Bom Princípio do Piauí	5.407	521,572	10,17	1081,4
PI	Bonfim do Piauí	5.471	289,209	18,65	1094,2
PI	Boqueirão do Piauí	6.288	278,297	22,25	1257,6
PI	Brasileira	8.057	880,911	9,04	1611,4
PI	Brejo do Piauí	3.724	2183,355	1,76	744,8

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PI	Buriti dos Montes	8.079	2652,106	3,01	1615,8
PI	Cajazeiras do Piauí	3.413	514,364	6,50	682,6
PI	Cajueiro da Praia	7.321	271,707	26,36	1464,2
PI	Caldeirão Grande do Piauí	5.700	494,892	11,46	1140
PI	Campinas do Piauí	5.449	831,201	6,51	1089,8
PI	Campo Alegre do Fidalgo	4.815	657,796	7,13	963
PI	Campo Grande do Piauí	5.704	311,829	17,93	1140,8
PI	Campo Largo do Piauí	6.964	477,795	14,24	1392,8
PI	Canavieira	3.892	2162,874	1,81	778,4
PI	Capitão Gervásio Oliveira	3.946	1134,168	3,42	789,2
PI	Caraúbas do Piauí	5.634	471,453	11,72	1126,8
PI	Caridade do Piauí	4.915	501,359	9,63	983
PI	Caxingó	5.174	488,169	10,32	1034,8
PI	Cocal de Telha	4.567	282,105	16,04	913,4
PI	Cocal dos Alves	5.635	357,689	15,58	1127
PI	Coivaras	3.872	485,496	7,85	774,4
PI	Colônia do Gurguéia	6.191	430,621	14,02	1238,2
PI	Colônia do Piauí	7.461	947,873	7,84	1492,2
PI	Conceição do Canindé	4.496	831,412	5,38	899,2
PI	Coronel José Dias	4.561	1914,819	2,37	912,2
PI	Cristalândia do Piauí	7.973	1202,895	6,51	1594,6
PI	Currais	4.776	3156,658	1,49	955,2
PI	Curral Novo do Piauí	4.990	752,312	6,47	998
PI	Curralinhos	4.265	345,848	12,09	853
PI	Dirceu Arcoverde	6.767	1017,057	6,56	1353,4
PI	Dom Expedito Lopes	6.662	219,073	29,99	1332,4
PI	Dom Inocêncio	9.296	3870,167	2,39	1859,2
PI	Domingos Mourão	4.261	846,844	5,04	852,2
PI	Eliseu Martins	4.738	1090,450	4,28	947,6
PI	Fartura do Piauí	5.133	712,918	7,12	1026,6
PI	Flores do Piauí	4.366	946,731	4,61	873,2
PI	Floresta do Piauí	2.492	194,699	12,75	498,4
PI	Francinópolis	5.233	268,701	19,48	1046,6
PI	Francisco Ayres	4.363	656,475	6,82	872,6
PI	Francisco Macedo	2.961	155,279	18,54	592,2
PI	Francisco Santos	8.857	491,862	17,47	1771,4
PI	Geminiano	5.237	462,523	11,84	1047,4
PI	Guaribas	4.432	3118,227	1,41	886,4
PI	Hugo Napoleão	3.782	224,455	16,80	756,4
PI	Ilha Grande	9.069	134,318	66,37	1813,8
PI	Ipiranga do Piauí	9.463	527,727	17,67	1892,6
PI	Isaías Coelho	8.307	776,053	10,59	1661,4
PI	Jacobina do Piauí	5.670	1370,699	4,17	1134
PI	Jardim do Mulato	4.358	509,851	8,45	871,6
PI	Jatobá do Piauí	4.708	653,234	7,13	941,6
PI	Jerumenha	4.372	1867,313	2,35	874,4
PI	João Costa	2.951	1800,243	1,64	590,2
PI	Joca Marques	5.214	166,443	30,64	1042,8
PI	Juazeiro do Piauí	4.793	827,240	5,75	958,6

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PI	Júlio Borges	5.439	1297,108	4,14	1087,8
PI	Jurema	4.588	1271,889	3,55	917,6
PI	Lagoa Alegre	8.184	394,661	20,29	1636,8
PI	Lagoa de São Francisco	6.517	155,639	41,26	1303,4
PI	Lagoa do Barro do Piauí	4.535	1261,941	3,58	907
PI	Lagoa do Piauí	3.920	426,634	9,05	784
PI	Lagoa do Sítio	4.958	804,698	6,03	991,6
PI	Lagoinha do Piauí	2.721	67,504	39,35	544,2
PI	Landri Sales	5.229	1088,583	4,85	1045,8
PI	Madeiro	7.974	177,153	44,12	1594,8
PI	Manoel Emídio	5.223	1618,982	3,22	1044,6
PI	Marcolândia	8.059	143,876	54,30	1611,8
PI	Marcos Parente	4.453	677,414	6,58	890,6
PI	Massapê do Piauí	6.260	521,125	11,94	1252
PI	Miguel Leão	1.236	1393,714	23,17	247,2
PI	Milton Brandão	6.750	1371,743	4,93	1350
PI	Monsenhor Hipólito	7.486	401,433	18,41	1497,2
PI	Morro Cabeça no Tempo	4.053	2116,936	1,92	810,6
PI	Morro do Chapéu do Piauí	6.574	328,289	19,80	1314,8
PI	Murici dos Portelas	8.714	481,707	17,57	1742,8
PI	Nazaré do Piauí	7.248	1315,839	5,56	1449,6
PI	Nossa Senhora de Nazaré	4.661	356,264	12,79	932,2
PI	Nossa Senhora dos Remédios	8.356	358,492	22,89	1671,2
PI	Nova Santa Rita	4.233	909,735	4,60	846,6
PI	Novo Oriente do Piauí	6.459	525,334	12,37	1291,8
PI	Novo Santo Antônio	3.329	481,707	6,77	665,8
PI	Olho d'Água do Piauí	2.678	219,598	11,96	535,6
PI	Padre Marcos	6.687	272,035	24,47	1337,4
PI	Paes Landim	4.049	401,378	10,11	809,8
PI	Pajeú do Piauí	3.434	1079,172	3,12	686,8
PI	Palmeira do Piauí	4.962	2023,512	2,47	992,4
PI	Paquetá	3.891	448,459	9,25	778,2
PI	Passagem Franca do Piauí	4.424	849,608	5,35	884,8
PI	Patos do Piauí	6.178	751,598	8,12	1235,6
PI	Pavussu	3.629	1090,697	3,36	725,8
PI	Pedro Laurentino	2.445	870,338	2,77	489
PI	Porto Alegre do Piauí	2.606	1169,444	2,19	521,2
PI	Prata do Piauí	3.088	196,326	15,71	617,6
PI	Queimada Nova	8.679	1352,398	6,32	1735,8
PI	Redenção do Gurguéia	8.494	2468,007	3,40	1698,8
PI	Riacho Frio	4.229	2222,096	1,91	845,8
PI	Ribeira do Piauí	4.321	1004,227	4,25	864,2
PI	Ribeiro Gonçalves	7.015	3978,962	1,72	1403
PI	Rio Grande do Piauí	6.282	635,951	9,86	1256,4
PI	Santa Cruz do Piauí	6.065	611,617	9,85	1213
PI	Santa Cruz dos Milagres	3.864	979,657	3,87	772,8

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
PI	Santa Filomena	6.106	5285,438	1,15	1221,2
PI	Santa Luz	5.624	1186,843	4,65	1124,8
PI	Santa Rosa do Piauí	5.145	340,198	15,14	1029
PI	Santana do Piauí	4.489	141,118	34,84	897,8
PI	Santo Antônio de Lisboa	6.136	387,403	15,51	1227,2
PI	Santo Antônio dos Milagres	2.087	33,147	62,12	417,4
PI	Santo Inácio do Piauí	3.679	852,892	4,28	735,8
PI	São Braz do Piauí	4.332	656,361	6,57	866,4
PI	São Félix do Piauí	2.925	657,244	4,67	585
PI	São Francisco de Assis do Piauí	5.686	1100,398	5,06	1137,2
PI	São Francisco do Piauí	6.290	1340,665	4,70	1258
PI	São Gonçalo do Gurguéia	2.901	1385,299	2,04	580,2
PI	São Gonçalo do Piauí	4.831	150,215	31,65	966,2
PI	São João da Canabrava	4.476	480,280	9,26	895,2
PI	São João da Fronteira	5.718	764,866	7,33	1143,6
PI	São João da Serra	6.079	1006,500	6,12	1215,8
PI	São João da Varjota	4.693	395,306	11,77	938,6
PI	São João do Arraial	7.578	213,355	34,38	1515,6
PI	São José do Divino	5.189	319,130	16,13	1037,8
PI	São José do Peixe	3.682	1287,174	2,87	736,4
PI	São José do Piauí	6.574	364,945	18,06	1314,8
PI	São Julião	5.719	257,191	22,07	1143,8
PI	São Lourenço do Piauí	4.451	672,709	6,58	890,2
PI	São Luís do Piauí	2.573	220,375	11,62	514,6
PI	São Miguel da Baixa Grande	2.386	384,192	5,49	477,2
PI	São Miguel do Fidalgo	2.974	813,444	3,66	594,8
PI	Sebastião Barros	3.475	893,715	3,98	695
PI	Sebastião Leal	4.159	3151,592	1,31	831,8
PI	Sigefredo Pacheco	9.706	966,989	9,95	1941,2
PI	Socorro do Piauí	4.495	761,854	5,94	899
PI	Sussuapara	6.409	209,700	29,70	1281,8
PI	Tamboril do Piauí	2.805	1587,296	1,73	561
PI	Tanque do Piauí	2.663	398,723	6,57	532,6
PI	Várzea Branca	4.875	450,755	10,90	975
PI	Várzea Grande	4.316	237,013	18,29	863,2
PI	Vera Mendes	2.998	341,974	8,73	599,6
PI	Vila Nova do Piauí	2.990	218,316	14,09	598
PI	Wall Ferraz	4.323	269,987	15,85	864,6
RN	Água Nova	3.026	50,684	58,80	605,2
RN	Almino Afonso	4.823	128,038	38,04	964,6
RN	Antônio Martins	6.930	244,623	28,24	1386
RN	Augusto Severo	9.330	896,954	10,36	1866
RN	Baía Formosa	8.687	245,661	34,90	1737,4
RN	Barcelona	3.944	152,626	25,88	788,8
RN	Bento Fernandes	5.175	301,070	16,98	1035
RN	Bodó	2.373	253,519	9,57	474,6
RN	Bom Jesus	9.566	122,038	77,35	1913,2

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
RN	Caiçara do Norte	6.043	189,550	31,74	1208,6
RN	Caiçara do Rio do Vento	3.375	261,194	12,67	675
RN	Carnaúba dos Dantas	7.559	245,651	30,24	1511,8
RN	Coronel Ezequiel	5.405	185,748	29,10	1081
RN	Coronel João Pessoa	4.783	117,139	40,74	956,6
RN	Cruzeta	7.942	295,830	26,93	1588,4
RN	Doutor Severiano	6.954	108,279	59,96	1390,8
RN	Encanto	5.297	125,749	41,60	1059,4
RN	Equador	5.846	264,985	21,97	1169,2
RN	Felipe Guerra	5.765	268,588	21,35	1153
RN	Fernando Pedroza	2.885	322,628	8,85	577
RN	Florânia	8.957	504,797	17,74	1791,4
RN	Francisco Dantas	2.852	181,558	15,83	570,4
RN	Frutuoso Gomes	4.181	63,279	66,89	836,2
RN	Galinhos	2.284	342,215	6,31	456,8
RN	Grossos	9.566	126,458	74,28	1913,2
RN	Ipueira	2.104	127,348	16,31	420,8
RN	Itajá	7.036	203,622	34,04	1407,2
RN	Itaú	5.609	133,029	41,83	1121,8
RN	Jaçanã	8.150	54,561	145,25	1630
RN	Jandaíra	6.838	435,947	15,60	1367,6
RN	Janduís	5.307	304,901	17,53	1061,4
RN	Januário Cicco	9.211	187,213	48,13	1842,2
RN	Japi	5.401	188,991	29,22	1080,2
RN	Jardim de Angicos	2.598	254,022	10,26	519,6
RN	João Dias	2.602	88,173	29,50	520,4
RN	José da Penha	5.862	117,635	49,88	1172,4
RN	Jundiá	3.635	44,641	80,24	727
RN	Lagoa de Pedras	7.079	117,663	59,40	1415,8
RN	Lagoa de Velhos	2.671	112,845	23,64	534,2
RN	Lagoa d'Anta	6.318	105,652	58,94	1263,6
RN	Lagoa Salgada	7.679	79,330	95,37	1535,8
RN	Lajes Pintadas	4.625	130,211	35,42	925
RN	Lucrecia	3.696	30,931	117,45	739,2
RN	Luís Gomes	9.679	166,638	57,67	1935,8
RN	Major Sales	3.625	31,971	110,60	725
RN	Marcelino Vieira	8.249	345,711	23,91	1649,8
RN	Martins	8.293	169,464	48,49	1658,6
RN	Messias Targino	4.259	135,097	31,00	851,8
RN	Monte das Gameleiras	2.219	71,946	31,43	443,8
RN	Olho-d'Água do Borges	4.270	141,170	30,42	854
RN	Ouro Branco	4.704	253,304	18,55	940,8
RN	Paraná	4.001	81,390	48,56	800,2
RN	Paraú	3.824	383,214	10,07	764,8
RN	Parazinho	4.924	274,674	17,64	984,8
RN	Passagem	2.925	41,215	70,24	585
RN	Pedra Grande	3.447	221,423	15,90	689,4
RN	Pedra Preta	2.552	294,985	8,78	510,4
RN	Pedro Avelino	7.045	952,759	7,53	1409

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
RN	Pilões	3.522	82,690	41,76	704,4
RN	Portalegre	7.407	110,054	66,51	1481,4
RN	Porto do Mangue	5.392	318,968	16,36	1078,4
RN	Presidente Juscelino	9.035	167,345	52,40	1807
RN	Pureza	8.645	504,295	16,70	1729
RN	Rafael Fernandes	4.760	78,231	59,98	952
RN	Rafael Godeiro	3.080	100,073	30,61	616
RN	Riacho da Cruz	3.241	127,223	24,88	648,2
RN	Riacho de Santana	4.150	128,106	32,44	830
RN	Riachuelo	7.265	262,887	26,88	1453
RN	Rodolfo Fernandes	4.411	154,840	28,53	882,2
RN	Ruy Barbosa	3.582	125,809	28,58	716,4
RN	Santa Maria	4.911	219,569	21,69	982,2
RN	Santana do Seridó	2.549	188,404	13,41	509,8
RN	São Bento do Norte	2.915	288,725	10,30	583
RN	São Bento do Trairí	4.005	190,818	20,46	801
RN	São Fernando	3.427	404,428	8,41	685,4
RN	São Francisco do Oeste	3.934	75,588	51,25	786,8
RN	São João do Sabugi	5.956	277,012	21,38	1191,2
RN	São José do Seridó	4.300	174,505	24,25	860
RN	São Pedro	6.154	195,238	31,94	1230,8
RN	São Rafael	8.098	469,102	17,29	1619,6
RN	São Vicente	6.088	197,817	30,47	1217,6
RN	Serra de São Bento	5.724	96,627	59,43	1144,8
RN	Serra Negra do Norte	7.805	562,397	13,82	1561
RN	Serrinha	6.480	193,351	34,04	1296
RN	Serrinha dos Pintos	4.577	122,649	37,02	915,4
RN	Severiano Melo	5.848	157,851	36,44	1169,6
RN	Sítio Novo	5.107	213,459	23,52	1021,4
RN	Taboleiro Grande	2.361	124,094	18,67	472,2
RN	Tenente Laurentino Cruz	5.557	74,376	72,68	1111,4
RN	Tibau	3.761	169,237	21,79	752,2
RN	Timbaúba dos Batistas	2.312	135,454	16,94	462,4
RN	Triunfo Potiguar	3.327	268,726	12,53	665,4
RN	Várzea	5.271	72,684	72,04	1054,2
RN	Venha-Ver	3.882	71,622	53,35	776,4
RN	Viçosa	1.633	37,905	42,69	326,6
RN	Vila Flor	2.924	47,656	60,27	584,8
SE	Amparo de São Francisco	2.290	35,133	64,75	458
SE	Araúá	9.495	198,746	56,44	1899
SE	Brejo Grande	7.839	148,858	52,01	1567,8
SE	Canhoba	3.955	170,289	23,23	791
SE	Cedro de São João	5.672	83,710	67,29	1134,4
SE	Cumbe	3.839	128,597	29,65	767,8
SE	Divina Pastora	4.487	91,792	47,13	897,4
SE	Feira Nova	5.363	184,933	28,79	1072,6
SE	General Maynard	3.009	19,975	146,63	601,8
SE	Gracho Cardoso	5.665	242,062	23,32	1133
SE	Ilha das Flores	8.359	54,640	152,78	1671,8

Estado	Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Área da Unidade Territorial (km²)	Densidade Demográfica (hab/km²)	Nº de Famílias (5 pessoas)
SE	Itabi	4.942	184,423	26,96	988,4
SE	Macambira	6.492	136,937	46,74	1298,4
SE	Malhada dos Bois	3.494	63,199	54,68	698,8
SE	Muribeca	7.381	75,863	96,81	1476,2
SE	Nossa Senhora Aparecida	8.543	340,380	25,00	1708,6
SE	Nossa Senhora de Lourdes	6.271	81,061	76,95	1254,2
SE	Pedra Mole	3.026	82,026	36,26	605,2
SE	Pedrinhas	8.970	33,942	260,25	1794
SE	Pinhão	6.084	155,888	38,32	1216,8
SE	Pirambu	8.538	205,879	40,65	1707,6
SE	Riachuelo	9.509	78,938	118,51	1901,8
SE	Rosário do Catete	9.541	105,660	87,27	1908,2
SE	Santa Rosa de Lima	3.773	67,607	55,45	754,6
SE	Santana do São Francisco	7.175	45,620	154,27	1435
SE	São Francisco	3.524	83,854	40,46	704,8
SE	São Miguel do Aleixo	3.736	144,089	25,66	747,2
SE	Siriri	8.169	165,813	48,27	1633,8
SE	Telha	3.006	49,027	60,31	601,2

APÊNDICE B – CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS

B.1 – Consolidação dos resultados para Alagoas

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Barra de São Miguel	7.755	1551	103.497,68	18.158.500,02	723.783,74	111.528.290,26	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.120,99	30.500.879,27
Belém	4.635	927	427.490,40	75.002.500,10	432.590,28	66.658.107,72	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.977,54	18.229.732,48
Belo Monte	6.499	1300	352.792,08	61.896.800,08	606.559,71	93.465.165,49	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.532,47	25.560.956,08
Campestre	6.655	1331	178.196,00	31.264.200,04	621.119,38	95.708.674,62	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	109.089,64	26.174.513,42
Campo Grande	9.273	1855	255.594,26	44.843.600,06	865.460,56	133.359.359,84	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	152.004,25	36.471.264,15
Carneiros	8.548	1710	172.796,12	30.316.800,04	797.795,42	122.932.794,98	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	140.119,95	33.619.795,74
Chã Preta	7.146	1429	201.595,47	35.369.600,05	666.945,02	102.769.975,78	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	117.138,18	28.105.645,81
Coqueiro Seco	5.586	1117	241.194,58	42.317.200,06	521.348,29	80.334.884,51	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.566,45	21.970.072,42
Feliz Deserto	4.482	896	134.996,97	23.685.000,03	418.310,61	64.457.742,99	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.469,54	17.627.974,32
Jacaré dos Homens	5.352	1070	254.694,28	44.685.700,06	499.508,78	76.969.620,82	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	87.730,70	21.049.736,41
Jacuípe	6.950	1390	376.191,55	66.002.200,09	648.652,10	99.951.207,90	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.925,32	27.334.766,08
Japaratinga	7.888	1578	222.295,01	39.001.300,05	736.196,80	113.441.025,60	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	129.301,14	31.023.976,23
Jaramataia	5.524	1105	292.493,43	51.317.500,07	515.561,75	79.443.233,45	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	90.550,14	21.726.222,71
Jundiá	4.142	828	157.496,46	27.632.500,04	386.577,98	59.568.043,62	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	67.896,21	16.290.733,97
Mar Vermelho	3.588	718	332.092,54	58.265.100,08	334.872,48	51.600.709,92	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	58.814,97	14.111.818,80
Maravilha	9.981	1996	384.291,37	67.423.300,09	931.539,08	143.541.439,72	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	163.609,88	39.255.870,53
Minador do Negrão	5.251	1050	282.593,65	49.580.600,07	490.082,33	75.517.092,47	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.075,09	20.652.497,36
Monteirópolis	6.952	1390	135.896,95	23.842.900,03	648.838,76	99.979.970,84	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.958,11	27.342.632,20
Olho d'Água do Casado	8.708	1742	404.090,92	70.897.100,10	812.728,41	125.233.829,99	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	142.742,69	34.249.085,32
Olho d'Água Grande	4.967	993	273.593,86	48.001.600,06	463.576,26	71.432.755,34	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.419,72	19.535.508,36
Palestina	5.201	1040	384.291,37	67.423.300,09	485.415,76	74.798.019,04	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.255,48	20.455.844,37
Paulo Jacinto	7.412	1482	427.490,40	75.002.500,10	691.771,13	106.595.446,47	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.498,49	29.151.839,74
Pindoba	2.857	571	429.290,36	75.318.300,10	266.647,34	41.087.856,26	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	46.832,32	11.236.752,04
Porto de Pedras	8.156	1631	170.096,18	29.843.100,04	761.209,57	117.295.259,23	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	133.694,24	32.078.036,28
Roteiro	6.607	1321	323.092,74	56.686.100,08	616.639,48	95.018.364,12	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	108.302,82	25.985.726,54
Santa Luzia do Norte	6.967	1393	158.396,44	27.790.400,04	650.238,73	100.195.692,87	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.203,99	27.401.628,09
São Brás	6.744	1349	168.296,22	29.527.300,04	629.425,86	96.988.625,34	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	110.548,54	26.524.555,74

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
São Miguel dos Milagres	7.360	1472	367.191,75	64.423.200,09	686.917,91	105.847.610,09	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	120.646,10	28.947.320,62
Tanque d' Arca	6.172	1234	134.996,97	23.685.000,03	576.040,40	88.762.425,20	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.172,24	24.274.845,50

B.2 – Consolidação dos resultados para a Bahia

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Abaira	8.659	1732	389.691,25	68.370.700,09	808.155,18	124.529.138,02	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	141.939,48	34.054.633,59
Aiquara	4.536	907	204.295,41	35.843.300,05	423.350,49	65.234.342,31	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.354,71	17.839.452,36
Almadina	6.130	1226	276.293,79	48.475.300,07	572.120,48	88.158.403,52	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.483,77	24.108.430,99
Apuarema	7.397	1479	332.992,52	58.423.000,08	690.371,16	106.379.724,44	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.252,61	29.091.364,44
Aratuípe	8.632	1726	388.791,27	68.212.800,09	805.635,24	124.140.838,36	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	141.496,89	33.948.446,37
Barra do Rocha	6.038	1208	271.793,90	47.685.800,06	563.534,01	86.835.308,39	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	98.975,70	23.746.607,88
Barro Preto	6.122	1224	275.393,82	48.317.400,06	571.373,83	88.043.351,77	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.352,64	24.076.968,11
Canápolis	9.395	1879	422.990,50	74.213.000,10	876.846,97	135.113.899,03	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	154.004,09	36.949.218,45
Candeal	8.720	1744	392.391,19	68.844.400,09	813.848,39	125.406.407,61	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	142.939,40	34.294.538,04
Caraibas	9.879	1976	444.590,02	78.002.600,10	922.019,29	142.074.529,91	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	161.937,88	38.852.722,63
Cardeal da Silva	9.030	1806	406.790,86	71.370.800,10	842.781,07	129.864.662,93	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	148.020,96	35.513.724,60
Catolândia	3.215	643	144.896,75	25.421.900,03	300.059,93	46.236.422,07	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	52.700,71	12.644.144,47
Caturama	8.817	1763	396.891,09	69.633.900,09	822.901,52	126.801.410,08	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	144.529,44	34.676.025,45
Contendas do Sincorá	4.613	923	207.895,33	36.474.900,05	430.537,00	66.341.715,40	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.616,91	18.142.282,57
Cordeiros	8.245	1649	370.791,67	65.054.800,09	769.516,05	118.575.209,95	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	135.153,14	32.426.429,60
Cravolândia	5.048	1010	226.794,91	39.790.800,05	471.136,09	72.597.654,31	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	82.747,49	19.853.076,61
Dom Macedo Costa	3.894	779	175.496,06	30.790.500,04	363.431,84	56.001.439,36	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.830,97	15.314.556,32
Elísio Medrado	7.961	1592	358.191,96	62.844.200,08	743.009,98	114.490.872,82	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	130.497,77	31.309.497,40
Feira da Mata	6.177	1235	278.093,75	48.791.100,07	576.507,05	88.834.332,55	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.254,20	24.293.275,40
Firmino Alves	5.417	1083	243.894,52	42.790.900,06	505.575,31	77.904.416,29	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.796,18	21.304.301,90
Gavião	4.510	902	203.395,43	35.685.400,05	420.923,88	64.860.424,12	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.928,52	17.737.198,00
Gongogi	8.031	1606	361.791,87	63.475.800,09	749.543,17	115.497.575,63	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.645,22	31.584.797,59
Guajeru	9.182	1836	413.090,72	72.476.100,10	856.967,42	132.050.646,18	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	150.512,56	36.111.519,30
Ibiassucê	9.607	1921	431.990,30	75.792.000,10	896.633,20	138.162.770,40	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	157.479,22	37.782.984,74
Ibiquera	4.874	975	219.595,07	38.527.600,05	454.896,45	70.095.278,75	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	79.895,26	19.168.758,99
Ibirapuã	8.086	1617	363.591,83	63.791.600,09	754.676,38	116.288.556,42	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.546,79	31.801.104,89
Ichu	5.908	1182	265.494,04	46.580.500,06	551.400,95	84.965.717,45	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	96.844,72	23.235.336,10
Ipupiara	9.398	1880	422.990,50	74.213.000,10	877.126,97	135.157.043,43	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	154.053,26	36.961.017,03
Irajuba	7.046	1409	316.792,89	55.580.800,07	657.611,90	101.331.828,90	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.498,97	27.710.930,62
Itagimirim	7.013	1403	315.892,91	55.422.900,07	654.531,97	100.857.240,43	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.958,03	27.581.146,25
Itaju do Colônia	7.118	1424	320.392,80	56.212.400,08	664.331,75	102.367.294,65	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	116.679,20	27.994.096,53

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê			
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
Itamarí	7.836	1567	352.792,08	61.896.800,08	731.343,58	112.693.189,22	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	128.448,75	30.817.889,92
Itanagra	7.590	1518	341.992,32	60.002.000,08	708.384,09	109.155.347,91	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	124.416,29	29.850.406,39
Itaquara	7.751	1550	349.192,16	61.265.200,08	723.410,42	111.470.764,38	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.055,42	30.483.596,83
Jaborandi	8.728	1746	392.391,19	68.844.400,09	814.595,04	125.521.459,36	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	143.070,54	34.326.000,92
Jucuruçu	9.972	1994	449.089,91	78.792.100,11	930.699,10	143.412.006,50	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	163.462,35	39.218.478,60
Jussari	6.322	1264	284.393,61	49.896.400,07	590.040,08	90.919.645,52	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	103.631,06	24.863.540,08
Jussiape	7.533	1507	339.292,38	59.528.300,08	703.064,21	108.335.604,19	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.481,94	29.626.233,38
Lafaiete Coutinho	3.830	766	172.796,12	30.316.800,04	357.458,64	55.081.025,36	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	62.781,87	15.062.853,29
Lajedão	3.782	756	170.096,18	29.843.100,04	352.978,74	54.390.714,86	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.995,05	14.874.076,02
Lajedinho	3.881	776	174.596,08	30.632.600,04	362.218,53	55.814.480,27	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.617,87	15.263.429,14
Lajedo do Tabocal	8.346	1669	375.291,57	65.844.300,09	778.942,51	120.027.738,29	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.808,74	32.823.648,45
Lamarão	9.271	1854	417.590,62	73.265.600,10	865.273,90	133.330.596,90	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	151.971,46	36.461.543,83
Macururé	7.992	1598	359.991,92	63.160.000,08	745.903,25	114.936.698,35	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.005,93	31.431.416,06
Maetinga	6.048	1210	271.793,90	47.685.800,06	564.467,32	86.979.123,08	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.139,62	23.785.936,48
Maiquinique	9.229	1846	414.890,68	72.791.900,10	861.353,99	132.726.575,21	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	151.282,99	36.296.363,71
Malhada de Pedras	8.389	1678	377.091,53	66.160.100,09	782.955,75	120.646.141,45	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	137.513,60	32.992.761,43
Mirante	9.902	1980	445.489,99	78.160.500,11	924.165,91	142.405.303,69	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	162.314,90	38.943.178,40
Morpará	8.233	1647	370.791,67	65.054.800,09	768.396,08	118.402.632,32	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.956,43	32.379.235,29
Muniz Ferreira	7.374	1475	332.092,54	58.265.100,08	688.224,54	106.048.950,66	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	120.875,59	29.000.908,66
Nova Fátima	7.630	1526	343.792,28	60.317.800,08	712.117,34	109.730.606,66	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	125.071,97	30.007.720,79
Nova Ibiá	6.570	1314	296.093,35	51.949.100,07	613.186,23	94.486.249,77	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.696,31	25.838.889,33
Nova Itarana	7.563	1513	340.192,36	59.686.200,08	705.864,15	108.767.048,25	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.973,70	29.744.219,18
Nova Redenção	8.053	1611	362.691,85	63.633.700,09	751.596,45	115.813.967,95	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.005,85	31.671.320,51
Ouriçangas	8.316	1663	374.391,59	65.686.400,09	776.142,57	119.596.294,23	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.316,98	32.705.662,66
Palmeiras	8.545	1709	384.291,37	67.423.300,09	797.515,42	122.889.650,58	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	140.070,78	33.606.287,56
Pedrao	6.993	1399	314.992,93	55.265.000,07	652.665,34	100.569.611,06	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.630,19	27.502.489,05
Piraí do Norte	9.833	1967	442.790,06	77.686.800,10	917.726,06	141.412.982,34	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	161.183,84	38.671.811,07
Planaltino	8.944	1789	402.290,97	70.581.300,09	834.754,59	128.627.856,61	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	146.611,24	35.175.498,65
Potiraguá	9.360	1872	421.190,54	73.897.200,10	873.580,38	134.610.547,62	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	153.430,36	36.811.568,38
Quixabeira	9.514	1903	428.390,38	75.160.400,10	887.953,39	136.825.293,81	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	155.954,75	37.417.228,78
Rodelas	8.045	1609	361.791,87	63.475.800,09	750.849,80	115.698.916,20	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.874,71	31.639.857,63
Santa Cruz da Vitória	6.481	1296	291.593,45	51.159.600,07	604.879,75	93.206.299,05	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.237,41	25.488.864,80
Santa Teresinha	9.792	1958	440.990,10	77.371.000,10	913.899,48	140.823.342,12	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	160.511,77	38.510.563,82
Santanópolis	8.835	1767	397.791,07	69.791.800,09	824.581,48	127.060.276,52	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	144.824,49	34.746.816,93
São Domingos	9.266	1853	416.690,64	73.107.700,10	864.807,24	133.258.689,56	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	151.889,50	36.441.879,53

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
São José da Vitória	5.609	1122	251.994,34	44.212.000,06	523.494,91	80.665.658,29	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.943,47	22.059.410,99
Tanquinho	8.035	1607	361.791,87	63.475.800,09	749.916,49	115.555.101,51	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.710,79	31.600.529,03
Teodoro Sampaio	7.746	1549	348.292,18	61.107.300,08	722.943,76	111.398.857,04	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	126.973,46	30.463.932,53
Várzea do Poço	8.759	1752	394.191,15	69.160.200,09	817.488,31	125.967.284,89	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	143.578,69	34.447.919,58
Varzedo	8.987	1797	404.090,92	70.897.100,10	838.767,83	129.246.259,77	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	147.316,10	35.344.611,63
Vereda	6.681	1336	300.593,25	52.738.600,07	623.546,00	96.082.592,80	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	109.515,84	26.275.436,77
Wagner	8.985	1797	404.090,92	70.897.100,10	838.581,17	129.217.496,83	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	147.283,31	35.336.745,91

B.3 – Consolidação dos resultados para o Ceará

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Altaneira	7.033	1407	316.792,89	55.580.800,07	656.398,59	101.144.869,81	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.285,87	27.659.803,45
Antonina do Norte	7.056	1411	317.692,87	55.738.700,07	658.545,21	101.475.643,59	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.662,89	27.750.259,22
Arneiroz	7.667	1533	344.692,26	60.475.700,08	715.570,60	110.262.721,00	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	125.678,48	30.153.236,60
Baixio	6.072	1214	273.593,86	48.001.600,06	566.707,27	87.324.278,33	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.533,03	23.880.325,11
Deputado Irapuan Pinheiro	9.203	1841	413.990,70	72.634.000,10	858.927,38	132.352.657,02	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	150.856,80	36.194.109,36
Ererê	6.922	1384	311.393,01	54.633.400,07	646.038,82	99.548.526,78	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.466,34	27.223.256,00
General Sampaio	6.423	1285	288.893,51	50.685.900,07	599.466,54	92.372.173,86	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	105.286,67	25.260.758,93
Granjeiro	4.551	910	205.195,39	36.001.200,05	424.750,46	65.450.064,34	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.600,60	17.898.445,26
Guaramiranga	3.956	791	178.196,00	31.264.200,04	369.218,37	56.893.090,43	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.847,28	15.558.393,63
Itaíçaba	7.428	1486	333.892,50	58.580.900,08	693.264,43	106.825.549,97	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.760,76	29.213.283,09
Jati	7.647	1529	343.792,28	60.317.800,08	713.703,97	109.975.091,63	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	125.350,64	30.074.579,40
Moraújo	8.225	1645	369.891,69	64.896.900,09	767.649,43	118.287.580,57	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.825,29	32.347.772,41
Pacujá	6.037	1207	271.793,90	47.685.800,06	563.440,68	86.820.926,92	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	98.959,31	23.742.675,02
Palhano	8.972	1794	404.090,92	70.897.100,10	837.367,86	129.030.537,74	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	147.070,22	35.285.618,73
Penaforte	8.483	1697	381.591,43	66.949.600,09	791.728,89	121.997.999,51	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	139.054,46	33.362.450,25
Potiretama	6.181	1236	278.093,75	48.791.100,07	576.880,38	88.891.858,42	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.319,77	24.309.006,84
São João do Jaguaribe	7.788	1558	350.092,14	61.423.100,08	726.863,68	112.002.878,72	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.661,93	30.629.112,65
Senador Sá	7.041	1408	316.792,89	55.580.800,07	657.145,24	101.259.921,56	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.417,01	27.691.266,32
Tarrafas	8.865	1773	398.691,05	69.949.700,09	827.381,42	127.491.720,58	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	145.316,26	34.864.802,72
Umari	7.562	1512	340.192,36	59.686.200,08	705.770,82	108.752.666,78	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.957,31	29.740.286,32

B.4 – Consolidação dos resultados para o Maranhão

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê			
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
Afonso Cunha	6.090	1218	274.493,84	48.159.500,06	568.387,23	87.583.144,77	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.828,09	23.951.116,59
Amapá do Maranhão	6.583	1317	296.093,35	51.949.100,07	614.399,53	94.673.208,87	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.909,41	25.890.016,51
Bacurituba	5.387	1077	242.094,56	42.475.100,06	502.775,38	77.472.972,22	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.304,42	21.186.316,10
Belágua	6.986	1397	314.092,95	55.107.100,07	652.012,02	100.468.940,78	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.515,44	27.474.959,03
Benedito Leite	5.497	1099	247.494,44	43.422.500,06	513.041,81	79.054.933,79	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	90.107,55	21.618.930,69
Bernardo do Mearim	6.111	1222	275.393,82	48.317.400,06	570.347,19	87.885.155,61	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.172,32	24.033.706,65
Boa Vista do Gurupi	8.375	1675	377.091,53	66.160.100,09	781.649,11	120.444.800,89	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	137.284,11	32.937.701,39
Brejo de Areia	4.962	992	223.194,99	39.159.200,05	463.109,60	71.360.848,00	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.337,76	19.514.850,66
Cachoeira Grande	8.607	1721	386.991,31	67.897.000,09	803.301,96	123.781.301,64	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	141.087,09	33.850.124,88
Central do Maranhão	8.120	1624	365.391,79	64.107.400,09	757.849,65	116.777.526,35	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	133.104,12	31.934.822,12
Feira Nova do Maranhão	8.215	1643	369.891,69	64.896.900,09	766.716,11	118.143.765,89	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.661,37	32.308.443,81
Fernando Falcão	9.584	1917	431.090,32	75.634.100,10	894.486,58	137.831.996,62	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	157.102,20	37.692.528,97
Governador Luiz Rocha	7.462	1492	335.692,46	58.896.700,08	696.437,69	107.314.519,91	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	122.318,10	29.347.000,33
Graça Aranha	6.150	1230	277.193,77	48.633.200,07	573.987,11	88.446.032,89	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.811,62	24.187.088,18
Jatobá	9.051	1810	407.690,84	71.528.700,10	844.741,03	130.166.673,77	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	148.365,19	35.596.314,66
Junco do Maranhão	3.792	758	170.996,16	30.001.000,04	353.912,05	54.534.529,55	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	62.158,97	14.913.404,62
Lago dos Rodrigues	7.744	1549	348.292,18	61.107.300,08	722.757,10	111.370.094,10	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	126.940,68	30.456.066,81
Lajeado Novo	7.106	1421	319.492,82	56.054.500,08	663.211,77	102.194.717,03	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	116.482,50	27.946.902,22
Luís Domingues	6.629	1326	297.893,31	52.264.900,07	618.692,77	95.334.756,43	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	108.663,45	26.070.928,06
Marajá do Sena	7.751	1550	349.192,16	61.265.200,08	723.410,42	111.470.764,38	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.055,42	30.483.596,83
Milagres do Maranhão	8.195	1639	368.991,71	64.739.000,09	764.849,49	117.856.136,51	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.333,53	32.229.786,61
Montes Altos	9.272	1854	417.590,62	73.265.600,10	865.367,23	133.344.978,37	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	151.987,86	36.465.476,69
Nova Colinas	5.034	1007	226.794,91	39.790.800,05	469.829,45	72.396.313,75	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	82.518,00	19.798.016,57
Nova Iorque	4.598	920	206.995,35	36.317.000,05	429.137,03	66.125.993,37	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.371,03	18.083.289,67
Porto Rico do Maranhão	5.978	1196	269.093,96	47.212.100,06	557.934,14	85.972.420,26	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	97.992,17	23.510.636,29
Presidente Médici	6.564	1313	295.193,37	51.791.200,07	612.626,24	94.399.960,96	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.597,96	25.815.292,17
Ribamar Fiquene	7.444	1489	334.792,48	58.738.800,08	694.757,73	107.055.653,47	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	122.023,04	29.276.208,85
Sambaba	5.522	1104	248.394,42	43.580.400,06	515.375,09	79.414.470,51	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	90.517,36	21.717.252,19
Santa Filomena do Maranhão	7.246	1449	325.792,68	57.159.800,08	676.278,15	104.208.122,65	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	118.777,39	28.497.502,60

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
São Domingos do Azeitão	7.088	1418	318.592,84	55.896.600,08	661.531,81	101.935.850,59	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	116.187,44	27.876.110,74
São Félix de Balsas	4.636	927	208.795,31	36.632.800,05	432.683,62	66.672.489,18	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.993,93	18.232.738,34
São José dos Basílios	7.506	1501	337.492,42	59.212.500,08	700.544,27	107.947.304,53	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.039,35	29.520.046,16
São Pedro dos Crentes	4.486	897	201.595,47	35.369.600,05	418.683,93	64.515.268,87	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.535,11	17.642.809,36
São Raimundo do Doca Bezerra	5.757	1151	259.194,18	45.475.200,06	537.307,93	82.794.115,67	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	94.369,51	22.641.474,26
São Roberto	6.193	1239	278.993,73	48.949.000,07	578.000,35	89.064.436,05	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.516,48	24.356.201,16
Sucupira do Riachão	5.466	1093	245.694,48	43.106.700,06	510.148,54	78.609.108,26	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	89.599,40	21.497.012,03
Tasso Fragoso	8.008	1602	359.991,92	63.160.000,08	747.396,55	115.166.801,85	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.268,20	31.494.341,82
Tufilândia	5.651	1130	254.694,28	44.685.700,06	527.414,82	81.269.679,98	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.631,94	22.224.591,11

B.5 – Consolidação dos resultados para a Paraíba

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Água Branca	9.611	1922	432.890,28	75.949.900,10	897.006,52	138.220.296,28	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	157.544,79	37.798.716,18
Aguiar	5.514	1103	248.394,42	43.580.400,06	514.628,44	79.299.418,76	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	90.386,22	21.685.789,31
Alcantil	5.282	1056	237.594,66	41.685.600,06	492.975,60	75.962.918,00	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.583,25	20.773.365,82
Algodão de Jandaira	2.390	478	107.997,57	18.948.000,03	223.061,66	34.371.710,34	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	39.177,20	9.399.535,08
Amparo	2.119	424	95.397,86	16.737.400,02	197.768,89	30.474.332,31	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	34.734,93	8.333.730,06
Aparecida	7.832	1566	352.792,08	61.896.800,08	730.970,25	112.635.663,35	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	128.383,18	30.802.158,48
Areia de Baraúnas	1.901	380	85.498,08	15.000.500,02	177.422,68	27.339.172,12	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	31.161,44	7.476.366,61
Assunção	3.607	721	161.996,36	28.422.000,04	336.645,77	51.873.957,83	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.126,42	14.185.825,54
Baía da Traição	8.243	1649	370.791,67	65.054.800,09	769.329,39	118.546.447,01	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	135.120,35	32.418.563,88
Baraúna	4.379	876	197.095,57	34.580.100,05	408.697,49	62.976.451,71	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.781,15	17.221.993,36
Barra de Santana	8.191	1638	368.991,71	64.739.000,09	764.476,16	117.798.610,64	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.267,96	32.214.055,17
Barra de São Miguel	5.679	1136	255.594,26	44.843.600,06	530.028,10	81.672.361,10	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.090,92	22.334.711,19
Belém do Brejo do Cruz	7.163	1433	322.192,76	56.528.200,08	668.531,65	103.014.460,75	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	117.416,85	28.171.075,23
Bernardino Batista	3.153	631	142.196,81	24.948.200,03	294.273,39	45.344.771,01	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	51.684,39	12.400.307,16
Boa Ventura	5.625	1125	252.894,32	44.369.900,06	524.988,21	80.895.761,79	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.205,75	22.122.336,75
Boa Vista	6.415	1283	288.893,51	50.685.900,07	598.719,89	92.257.122,11	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	105.155,53	25.229.296,05
Bom Jesus	2.432	486	109.797,53	19.263.800,03	226.981,57	34.975.732,03	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	39.865,67	9.564.715,20
Bom Sucesso	4.998	1000	224.994,95	39.475.000,05	466.469,52	71.878.580,88	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.927,88	19.656.433,62
Borborema	5.169	1034	232.194,79	40.738.200,05	482.429,17	74.337.812,03	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.730,93	20.328.952,65
Brejo dos Santos	6.236	1247	280.793,69	49.264.800,07	582.013,60	89.682.839,20	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	102.221,34	24.525.314,13
Cabaceiras	5.148	1030	231.294,81	40.580.300,05	480.469,21	74.035.801,19	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.386,70	20.246.362,60
Cachoeira dos Índios	9.685	1937	435.590,22	76.423.600,10	903.913,03	139.284.524,97	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	158.757,81	38.089.747,81
Cacimba de Areia	3.590	718	161.996,36	28.422.000,04	335.059,14	51.629.472,86	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	58.847,76	14.118.966,92
Cacimbas	6.877	1375	309.593,05	54.317.600,07	641.838,92	98.901.360,68	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	112.728,70	27.046.277,31
Caicara	7.205	1441	323.992,72	56.844.000,08	672.451,56	103.618.482,44	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	118.105,32	28.336.255,34
Cajazeirinhas	3.061	612	137.696,91	24.158.700,03	285.686,92	44.021.675,88	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	50.176,32	12.038.484,05
Caldas Brandão	5.710	1142	257.394,22	45.159.400,06	532.921,36	82.118.186,64	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.599,08	22.456.629,84
Camalú	5.793	1159	260.994,14	45.791.000,06	540.667,86	83.311.848,54	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	94.959,63	22.783.057,21
Capim	5.816	1163	261.894,12	45.948.900,06	542.814,48	83.642.622,32	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	95.336,64	22.873.512,99
Caraúbas	3.951	790	178.196,00	31.264.200,04	368.751,72	56.821.183,08	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.765,32	15.538.729,34
Carrapateira	2.441	488	109.797,53	19.263.800,03	227.821,55	35.105.165,25	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	40.013,20	9.600.110,94

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Casserengue	7.132	1426	321.292,78	56.370.300,08	665.638,38	102.568.635,22	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	116.908,69	28.049.156,57
Catingueira	4.822	964	216.895,13	38.053.900,05	450.043,23	69.347.442,37	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	79.042,86	18.964.250,28
Caturité	4.598	920	206.995,35	36.317.000,05	429.137,03	66.125.993,37	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.371,03	18.083.289,67
Condado	6.598	1320	296.993,33	52.107.000,07	615.799,50	94.888.930,90	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	108.155,29	25.949.009,40
Congo	4.692	938	211.495,25	37.106.500,05	437.910,17	67.477.851,43	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	76.911,89	18.452.978,50
Coxixola	1.802	360	80.998,18	14.211.000,02	168.182,89	25.915.406,71	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	29.538,62	7.087.013,48
Cubati	6.939	1388	312.292,99	54.791.300,07	647.625,46	99.793.011,74	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.745,01	27.290.114,62
Cuité de Mamanguape	6.214	1243	279.893,71	49.106.900,07	579.960,31	89.366.446,89	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.860,71	24.438.791,21
Cuitegi	6.834	1367	307.793,09	54.001.800,07	637.825,68	98.282.957,52	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	112.023,84	26.877.164,33
Curral de Cima	5.192	1038	233.994,74	41.054.000,06	484.575,78	74.668.585,82	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.107,95	20.419.408,43
Curral Velho	2.497	499	112.497,47	19.737.500,03	233.048,10	35.910.527,50	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	40.931,16	9.820.351,09
Damião	4.990	998	224.994,95	39.475.000,05	465.722,87	71.763.529,13	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.796,74	19.624.970,74
Desterro	8.035	1607	361.791,87	63.475.800,09	749.916,49	115.555.101,51	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	131.710,79	31.600.529,03
Diamante	6.571	1314	296.093,35	51.949.100,07	613.279,56	94.500.631,24	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.712,71	25.842.522,19
Duas Estradas	3.611	722	162.896,34	28.579.900,04	337.019,10	51.931.483,70	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.191,99	14.201.556,98
Emas	3.356	671	151.196,60	26.527.200,04	313.219,63	48.264.209,17	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	55.012,00	13.198.677,71
Frei Martinho	2.935	587	132.297,03	23.211.300,03	273.927,18	42.209.610,82	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	48.110,91	11.542.943,71
Gado Bravo	8.355	1671	376.191,55	66.002.200,09	779.782,49	120.157.171,51	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.956,27	32.859.044,19
Gurjão	3.215	643	144.896,75	25.421.900,03	300.059,93	46.236.422,07	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	52.700,71	12.644.144,47
Ibiara	5.978	1196	269.093,96	47.212.100,06	557.934,14	85.972.420,26	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	97.992,17	23.510.636,29
Igaracy	6.134	1227	276.293,79	48.475.300,07	572.493,81	88.215.929,39	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.549,34	24.124.162,43
Jericó	7.557	1511	340.192,36	59.686.200,08	705.304,16	108.680.759,44	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.875,35	29.720.622,00
Juarez Távora	7.550	1510	340.192,36	59.686.200,08	704.650,84	108.580.089,16	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.760,60	29.693.092,02
Junco do Seridó	6.745	1349	303.293,19	53.212.300,07	629.519,20	97.003.006,80	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	110.564,94	26.527.139,80
Juru	9.793	1959	440.990,10	77.371.000,10	913.992,81	140.837.723,59	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	160.528,16	38.514.496,68
Lagoa	4.657	931	209.695,29	36.790.700,05	434.643,57	66.974.500,03	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	76.338,16	18.315.328,40
Lagoa de Dentro	7.413	1483	333.892,50	58.580.900,08	691.864,46	106.609.827,94	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.514,88	29.154.290,20
Lastro	2.800	560	125.997,17	22.106.000,03	261.327,46	40.268.112,54	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	45.897,97	11.012.007,63
Livramento	7.189	1438	323.092,74	56.686.100,08	670.958,26	103.388.378,94	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	117.843,04	28.273.329,58
Logradouro	4.026	805	180.895,94	31.737.900,04	375.751,56	57.899.793,24	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	65.994,73	15.833.693,83
Mãe d'Água	3.999	800	179.995,96	31.580.000,04	373.231,62	57.511.493,58	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	65.552,14	15.727.506,61
Malta	5.602	1120	251.994,34	44.212.000,06	522.841,59	80.564.988,01	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.828,73	22.031.880,98
Marcação	7.822	1564	351.892,10	61.738.900,08	730.036,94	112.491.848,66	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	128.219,26	30.762.829,88
Marizópolis	6.257	1251	281.693,67	49.422.700,07	583.973,55	89.984.850,05	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	102.565,58	24.607.904,19
Mataraca	7.641	1528	343.792,28	60.317.800,08	713.143,98	109.888.802,82	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	125.252,29	30.050.982,24

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Matinhas	4.357	871	196.195,59	34.422.200,05	406.644,20	62.660.059,40	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.420,52	17.135.470,44
Mato Grosso	2.744	549	123.297,23	21.632.300,03	256.100,92	39.462.750,28	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	44.980,01	10.791.767,48
Maturéia	6.076	1215	273.593,86	48.001.600,06	567.080,60	87.381.804,20	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.598,60	23.896.056,55
Montadas	5.145	1029	231.294,81	40.580.300,05	480.189,22	73.992.656,78	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.337,52	20.234.564,02
Monte Horebe	4.568	914	205.195,39	36.001.200,05	426.337,09	65.694.549,31	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.879,26	17.965.303,87
Mulungu	9.542	1908	429.290,36	75.318.300,10	890.566,67	137.227.974,93	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	156.413,73	37.527.348,85
Nazarezinho	7.252	1450	326.692,66	57.317.700,08	676.838,13	104.294.411,47	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	118.875,75	28.521.099,76
Nova Olinda	6.012	1202	270.893,92	47.527.900,06	561.107,40	86.461.390,20	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	98.549,50	23.644.353,52
Nova Palmeira	4.480	896	201.595,47	35.369.600,05	418.123,94	64.428.980,06	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.436,76	17.619.212,20
Olho d'Água	6.796	1359	305.993,13	53.686.000,07	634.279,09	97.736.461,71	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	111.400,93	26.727.715,66
Olivedos	3.693	739	166.496,26	29.211.500,04	344.672,26	53.110.764,14	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	60.536,15	14.524.051,49
Ouro Velho	2.944	589	132.297,03	23.211.300,03	274.767,16	42.339.044,04	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	48.258,44	11.578.339,45
Parari	1.816	363	81.898,16	14.368.900,02	169.489,53	26.116.747,27	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	29.768,11	7.142.073,52
Passagem	2.272	454	102.597,70	18.000.600,02	212.048,57	32.674.697,03	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	37.242,93	8.935.457,62
Pedra Branca	3.726	745	167.396,24	29.369.400,04	347.752,19	53.585.352,61	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.077,09	14.653.835,86
Pedra Lavrada	7.605	1521	341.992,32	60.002.000,08	709.784,06	109.371.069,94	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	124.662,17	29.909.399,29
Pedro Régis	5.824	1165	261.894,12	45.948.900,06	543.561,13	83.757.674,07	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	95.467,78	22.904.975,87
Plões	6.854	1371	308.693,07	54.159.700,07	639.692,30	98.570.586,90	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	112.351,68	26.955.821,53
Plóezinhos	5.114	1023	230.394,83	40.422.400,05	477.295,95	73.546.831,25	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	83.829,37	20.112.645,36
Poço Dantas	3.740	748	168.296,22	29.527.300,04	349.058,83	53.786.693,17	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.306,58	14.708.895,90
Poço de José de Moura	4.046	809	181.795,92	31.895.800,04	377.618,19	58.187.422,61	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	66.322,57	15.912.351,02
Prata	3.919	784	176.396,04	30.948.400,04	365.765,12	56.360.976,08	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.240,77	15.412.877,82
Quixabá	1.759	352	79.198,22	13.895.200,02	164.169,65	25.297.003,55	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	28.833,76	6.917.900,51
Riachão	3.338	668	150.296,62	26.369.300,04	311.539,67	48.005.342,73	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	54.716,94	13.127.886,24
Riachão do Bacamarte	4.312	862	194.395,63	34.106.400,05	402.444,30	62.012.893,30	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.682,88	16.958.491,75
Riachão do Poço	4.235	847	190.795,72	33.474.800,04	395.257,79	60.905.520,21	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.420,68	16.655.661,54
Riacho de Santo Antônio	1.781	356	80.098,20	14.053.100,02	166.222,93	25.613.395,87	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	29.194,39	7.004.423,42
Riacho dos Cavalos	8.352	1670	376.191,55	66.002.200,09	779.502,49	120.114.027,11	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.907,09	32.847.245,61
Salgadinho	3.612	722	162.896,34	28.579.900,04	337.112,43	51.945.865,17	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.208,38	14.205.489,84
Santa Cruz	6.471	1294	291.593,45	51.159.600,07	603.946,44	93.062.484,36	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.073,49	25.449.536,20
Santa Helena	5.886	1177	264.594,06	46.422.600,06	549.347,66	84.649.325,14	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	96.484,09	23.148.813,18
Santa Inês	3.538	708	159.296,42	27.948.300,04	330.205,92	50.881.636,48	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	57.995,37	13.914.458,21
Santa Teresinha	4.559	912	205.195,39	36.001.200,05	425.497,11	65.565.116,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.731,73	17.929.908,13
Santana de Mangueira	5.265	1053	236.694,68	41.527.700,06	491.388,96	75.718.433,04	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.304,58	20.706.507,20

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Santana dos Garrotes	7.173	1435	323.092,74	56.686.100,08	669.464,96	103.158.275,44	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	117.580,77	28.210.403,83
Santo André	2.545	509	114.297,43	20.053.300,03	237.528,00	36.600.838,00	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	41.717,98	10.009.128,36
São Domingos do Cariri	2.455	491	110.697,51	19.421.700,03	229.128,19	35.306.505,81	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	40.242,69	9.655.170,97
São Francisco	3.349	670	150.296,62	26.369.300,04	312.566,31	48.163.538,89	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	54.897,25	13.171.147,70
São João do Cariri	4.309	862	193.495,65	33.948.500,05	402.164,30	61.969.748,90	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.633,70	16.946.693,17
São João do Tigre	4.384	877	197.095,57	34.580.100,05	409.164,14	63.048.359,06	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.863,11	17.241.657,66
São José da Lagoa Tapada	7.560	1512	340.192,36	59.686.200,08	705.584,15	108.723.903,85	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.924,52	29.732.420,60
São José de Caiana	6.052	1210	272.693,88	47.843.700,06	564.840,65	87.036.648,95	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.205,19	23.801.667,92
São José de Espinharas	4.708	942	211.495,25	37.106.500,05	439.403,46	67.707.954,94	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	77.174,16	18.515.904,25
São José de Princesa	4.106	821	184.495,86	32.369.500,04	383.218,06	59.050.310,74	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	67.306,10	16.148.322,61
São José do Bonfim	3.303	661	148.496,66	26.053.500,04	308.273,08	47.501.991,32	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	54.143,21	12.990.236,14
São José do Brejo do Cruz	1.707	341	76.498,28	13.421.500,02	159.316,42	24.549.167,18	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	27.981,37	6.713.391,79
São José do Sabugi	4.027	805	180.895,94	31.737.900,04	375.844,89	57.914.174,71	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	66.011,12	15.837.626,68
São José dos Cordeiros	3.709	742	166.496,26	29.211.500,04	346.165,56	53.340.867,64	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	60.798,42	14.586.977,25
São José dos Ramos	5.600	1120	251.994,34	44.212.000,06	522.654,93	80.536.225,07	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.795,94	22.024.015,26
São Mamede	7.708	1542	346.492,22	60.791.500,08	719.397,18	110.852.361,22	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	126.350,56	30.314.483,86
São Miguel de Taipu	6.789	1358	305.093,15	53.528.100,07	633.625,77	97.635.791,43	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	111.286,19	26.700.185,64
São Sebastião do Umbuzeiro	3.287	657	147.596,69	25.895.600,03	306.779,78	47.271.887,82	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	53.880,94	12.927.310,38
Serra da Raiz	3.169	634	142.196,81	24.948.200,03	295.766,69	45.574.874,51	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	51.946,67	12.463.232,92
Serra Grande	2.994	599	134.996,97	23.685.000,03	279.433,72	43.058.117,48	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.078,05	11.774.982,44
Serra Redonda	7.012	1402	315.892,91	55.422.900,07	654.438,64	100.842.858,96	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.941,64	27.577.213,39
Serraria	6.175	1235	278.093,75	48.791.100,07	576.320,39	88.805.569,61	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.221,42	24.285.409,68
Sertãozinho	4.539	908	204.295,41	35.843.300,05	423.630,49	65.277.486,71	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.403,89	17.851.250,94
Sobrado	7.447	1489	334.792,48	58.738.800,08	695.037,72	107.098.797,88	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	122.072,21	29.288.007,43
Sossêgo	3.256	651	146.696,71	25.737.700,03	303.886,51	46.826.062,29	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	53.372,78	12.805.391,73
Tenório	2.865	573	128.697,11	22.579.700,03	267.393,99	41.202.908,01	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	46.963,46	11.267.643,52
Triunfo	9.246	1849	415.790,66	72.949.800,10	862.940,62	132.971.060,18	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	151.561,66	36.363.222,33
Umbuzeiro	9.698	1940	436.490,20	76.581.500,10	905.126,34	139.471.484,06	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	158.970,90	38.140.874,99
Várzea	2.573	515	116.097,39	20.369.100,03	240.141,27	37.003.519,13	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	42.176,96	10.119.248,44
Vieirópolis	5.102	1020	229.494,85	40.264.500,05	476.175,97	73.374.253,63	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	83.632,66	20.065.451,04
Vista Serrana	3.572	714	161.096,38	28.264.100,04	333.379,18	51.370.606,42	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	58.552,70	14.048.175,45
Zabelê	2.109	422	94.497,88	16.579.500,02	196.835,58	30.330.517,62	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	34.571,01	8.294.401,46

B.6 – Consolidação dos resultados para Pernambuco

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Brejão	8.834	1767	397.791,07	69.791.800,09	824.488,15	127.045.895,05	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	144.808,10	34.742.884,07
Brejinho	7.312	1462	329.392,60	57.791.400,08	682.438,01	105.157.299,59	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	119.859,28	28.757.071,35
Calumbi	5.643	1129	253.794,30	44.527.800,06	526.668,17	81.154.628,23	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.500,81	22.193.128,23
Camutanga	8.204	1641	368.991,71	64.739.000,09	765.689,47	117.985.569,73	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.481,06	32.265.182,35
Fernando de Noronha	2.718	544	122.397,25	21.474.400,03	253.674,30	39.088.832,10	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	44.553,82	10.689.513,12
Granito	6.968	1394	313.192,97	54.949.200,07	650.332,06	100.210.074,34	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.220,38	27.404.167,55
Ibirajuba	7.549	1510	339.292,38	59.528.300,08	704.557,51	108.565.707,69	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.744,21	29.689.159,14
Ingazeira	4.486	897	201.595,47	35.369.600,05	418.683,93	64.515.268,87	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.535,11	17.642.809,36
Itacuruba	4.475	895	201.595,47	35.369.600,05	417.657,29	64.357.072,71	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.354,79	17.599.547,91
Palmeirina	8.172	1634	368.091,73	64.581.100,09	762.702,87	117.525.362,73	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	133.956,51	32.139.330,83
Quixabá	6.722	1344	302.393,21	53.054.400,07	627.372,58	96.672.233,02	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	110.187,92	26.436.684,03
Salgadinho	9.641	1928	433.790,26	76.107.800,10	899.806,46	138.651.740,34	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	158.036,55	37.916.701,98
Solidão	5.777	1155	260.094,16	45.633.100,06	539.174,56	83.081.745,04	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	94.697,35	22.720.131,45
Terezinha	6.803	1361	305.993,13	53.686.000,07	634.932,41	97.837.131,99	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	111.515,68	26.755.245,68
Terra Nova	9.534	1907	429.290,36	75.318.300,10	889.820,02	137.112.923,18	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	156.282,59	37.495.885,97
Tuparetama	7.950	1590	358.191,96	62.844.200,08	741.983,34	114.332.676,66	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	130.317,46	31.266.235,94
Verdejante	9.187	1837	413.090,72	72.476.100,10	857.434,08	132.122.553,52	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	150.594,52	36.131.183,60
Vertente do Lério	7.773	1555	350.092,14	61.423.100,08	725.463,71	111.787.156,69	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.416,05	30.570.119,75

B.7 – Consolidação dos resultados para o Piauí

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Acauã	6.840	1368	307.793,09	54.001.800,07	638.385,66	98.369.246,34	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	112.122,19	26.900.761,49
Agricolândia	5.062	1012	227.694,89	39.948.700,05	472.442,72	72.798.994,88	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	82.976,98	19.908.136,65
Alagoinha do Piauí	7.413	1483	333.892,50	58.580.900,08	691.864,46	106.609.827,94	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.514,88	29.154.290,20
Alegrete do Piauí	5.173	1035	233.094,77	40.896.100,05	482.802,49	74.395.337,91	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.796,50	20.344.684,09
Alvorada do Gurguéia	5.177	1035	233.094,77	40.896.100,05	483.175,82	74.452.863,78	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.862,07	20.360.415,53
Angical do Piauí	6.655	1331	299.693,27	52.580.700,07	621.119,38	95.708.674,62	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	109.089,64	26.173.182,42
Anísio de Abreu	9.385	1877	422.090,52	74.055.100,10	875.913,66	134.970.084,34	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	153.840,17	36.909.889,85
Antônio Almeida	3.068	614	137.696,91	24.158.700,03	286.340,24	44.122.346,16	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	50.291,06	12.066.014,07
Aroazes	5.742	1148	258.294,20	45.317.300,06	535.907,96	82.578.393,64	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	94.123,63	22.582.481,36
Arraial	4.655	931	209.695,29	36.790.700,05	434.456,91	66.945.737,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	76.305,38	18.307.462,68
Assunção do Piauí	7.590	1518	341.992,32	60.002.000,08	708.384,09	109.155.347,91	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	124.416,29	29.850.406,39
Barra d'Alcântara	3.858	772	173.696,10	30.474.700,04	360.071,91	55.483.706,49	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.240,85	15.172.973,37
Barreiras do Piauí	3.255	651	146.696,71	25.737.700,03	303.793,18	46.811.680,82	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	53.356,39	12.801.458,87
Barro Duro	6.580	1316	296.093,35	51.949.100,07	614.119,54	94.630.064,46	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.860,23	25.878.217,93
Bela Vista do Piauí	3.854	771	173.696,10	30.474.700,04	359.698,59	55.426.180,61	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.175,28	15.157.241,93
Belém do Piauí	3.388	678	152.096,58	26.685.100,04	316.206,23	48.724.416,17	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	55.536,55	13.324.529,23
Beneditinos	9.943	1989	447.289,95	78.476.300,11	927.992,49	142.994.943,91	284.833,53	56.393.298,97	224.745,36	30.234.739,99	162.986,98	39.104.425,66
Bertolínia	5.350	1070	241.194,58	42.317.200,06	499.322,12	76.940.857,88	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	87.697,91	21.040.800,29
Betânia do Piauí	6.042	1208	271.793,90	47.685.800,06	563.907,34	86.892.834,26	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.041,27	23.762.339,32
Boa Hora	6.467	1293	290.693,47	51.001.700,07	603.573,11	93.004.958,49	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.007,92	25.433.804,76
Bocaina	4.394	879	197.995,55	34.738.000,05	410.097,46	63.192.173,74	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.027,03	17.280.986,26
Bom Princípio do Piauí	5.407	1081	242.994,54	42.633.000,06	504.642,00	77.760.601,60	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.632,26	21.264.973,30
Bonfim do Piauí	5.471	1094	246.594,46	43.264.600,06	510.615,20	78.681.015,60	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	89.681,36	21.516.676,33
Boqueirão do Piauí	6.288	1258	282.593,65	49.580.600,07	586.866,82	90.430.675,58	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	103.073,73	24.729.822,84
Brasileira	8.057	1611	362.691,85	63.633.700,09	751.969,78	115.871.493,82	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.071,41	31.687.051,95
Brejo do Piauí	3.724	745	167.396,24	29.369.400,04	347.565,53	53.556.589,67	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.044,30	14.645.970,15
Buriti dos Montes	8.079	1616	363.591,83	63.791.600,09	754.023,07	116.187.886,13	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.432,04	31.773.574,87
Cajazeiras do Piauí	3.413	683	153.896,54	27.000.900,04	318.539,51	49.083.952,89	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	55.946,35	13.422.850,73
Cajueiro da Praia	7.321	1464	329.392,60	57.791.400,08	683.277,99	105.286.732,81	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	120.006,80	28.792.467,09
Caldeirão Grande do Piauí	5.700	1140	256.494,24	45.001.500,06	531.988,05	81.974.371,95	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.435,16	22.417.301,24
Campinas do Piauí	5.449	1090	244.794,50	42.948.800,06	508.561,91	78.364.623,29	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	89.320,73	21.430.153,42

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Campo Alegre do Fidalgo	4.815	963	216.895,13	38.053.900,05	449.389,91	69.246.772,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	78.928,12	18.936.720,26
Campo Grande do Piauí	5.704	1141	256.494,24	45.001.500,06	532.361,38	82.031.897,82	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.500,73	22.433.032,68
Campo Largo do Piauí	6.964	1393	313.192,97	54.949.200,07	649.958,74	100.152.548,46	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.154,81	27.388.436,11
Canavieira	3.892	778	175.496,06	30.790.500,04	363.245,18	55.972.676,42	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.798,18	15.306.690,60
Capitão Gervásio Oliveira	3.946	789	177.296,02	31.106.300,04	368.285,06	56.749.275,74	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.683,36	15.519.065,04
Caraúbas do Piauí	5.634	1127	253.794,30	44.527.800,06	525.828,19	81.025.195,01	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.353,28	22.157.732,49
Caridade do Piauí	4.915	983	221.395,03	38.843.400,05	458.723,03	70.684.918,97	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	80.567,33	19.330.006,25
Caxingó	5.174	1035	233.094,77	40.896.100,05	482.895,82	74.409.719,38	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.812,90	20.348.616,95
Cocal de Telha	4.567	913	205.195,39	36.001.200,05	426.243,76	65.680.167,84	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.862,87	17.961.371,01
Cocal dos Alves	5.635	1127	253.794,30	44.527.800,06	525.921,52	81.039.576,48	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.369,67	22.161.665,35
Coivaras	3.872	774	174.596,08	30.632.600,04	361.378,55	55.685.047,05	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.470,34	15.228.033,41
Colônia do Gurgueia	6.191	1238	278.993,73	48.949.000,07	577.813,69	89.035.673,11	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.483,69	24.348.335,44
Colônia do Piauí	7.461	1492	335.692,46	58.896.700,08	696.344,36	107.300.138,44	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	122.301,70	29.343.067,47
Conceição do Canindé	4.496	899	202.495,45	35.527.500,05	419.617,24	64.659.083,56	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.699,03	17.682.137,96
Coronel José Dias	4.561	912	205.195,39	36.001.200,05	425.683,77	65.593.879,03	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.764,52	17.937.773,85
Cristalândia do Piauí	7.973	1595	359.091,94	63.002.100,08	744.129,95	114.663.450,45	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	130.694,48	31.356.691,72
Currais	4.776	955	215.095,17	37.738.100,05	445.749,99	68.685.894,81	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	78.288,83	18.783.338,73
Curral Novo do Piauí	4.990	998	224.994,95	39.475.000,05	465.722,87	71.763.529,13	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.796,74	19.624.970,74
Curralinhos	4.265	853	191.695,69	33.632.700,05	398.057,73	61.336.964,27	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.912,45	16.773.647,33
Dirceu Arcoverde	6.767	1353	304.193,17	53.370.200,07	631.572,48	97.319.399,12	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	110.925,56	26.613.662,72
Dom Expedito Lopes	6.662	1332	299.693,27	52.580.700,07	621.772,70	95.809.344,90	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	109.204,39	26.200.712,43
Dom Inocêncio	9.296	1859	418.490,60	73.423.500,10	867.607,18	133.690.133,62	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	152.381,27	36.559.865,32
Domingos Mourão	4.261	852	191.695,69	33.632.700,05	397.684,40	61.279.438,40	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.846,88	16.757.915,89
Eliseu Martins	4.738	948	213.295,21	37.422.300,05	442.203,40	68.139.399,00	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	77.665,93	18.633.890,05
Fatura do Piauí	5.133	1027	231.294,81	40.580.300,05	479.069,24	73.820.079,16	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.140,82	20.187.369,70
Flores do Piauí	4.366	873	196.195,59	34.422.200,05	407.484,18	62.789.492,62	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.568,05	17.170.866,18
Floresta do Piauí	2.492	498	112.497,47	19.737.500,03	232.581,44	35.838.620,16	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	40.849,20	9.800.686,79
Francinópolis	5.233	1047	235.794,70	41.369.800,06	488.402,36	75.258.226,04	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.780,03	20.580.655,68
Francisco Ayres	4.363	873	196.195,59	34.422.200,05	407.204,19	62.746.348,21	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.518,88	17.159.067,60
Francisco Macedo	2.961	592	133.197,01	23.369.200,03	276.353,79	42.583.529,01	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	48.537,11	11.645.198,07
Francisco Santos	8.857	1771	398.691,05	69.949.700,09	826.634,77	127.376.668,83	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	145.185,12	34.833.339,84
Geminiano	5.237	1047	235.794,70	41.369.800,06	488.775,69	75.315.751,91	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.845,60	20.596.387,12
Guaribas	4.432	886	199.795,51	35.053.800,05	413.644,04	63.738.669,56	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.649,93	17.430.434,93
Hugo Napoleão	3.782	756	170.096,18	29.843.100,04	352.978,74	54.390.714,86	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.995,05	14.874.076,02

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Ilha Grande	9.069	1814	407.690,84	71.528.700,10	846.420,99	130.425.540,21	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	148.660,25	35.667.106,14
Ipiranga do Piauí	9.463	1893	425.690,44	74.686.700,10	883.193,50	136.091.838,90	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	155.118,75	37.216.652,92
Isaías Coelho	8.307	1661	373.491,61	65.528.500,09	775.302,59	119.466.861,01	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.169,45	32.670.266,92
Jacobina do Piauí	5.670	1134	255.594,26	44.843.600,06	529.188,12	81.542.927,88	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.943,39	22.299.315,45
Jardim do Mulato	4.358	872	196.195,59	34.422.200,05	406.737,53	62.674.440,87	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.436,92	17.139.403,30
Jatobá do Piauí	4.708	942	211.495,25	37.106.500,05	439.403,46	67.707.954,94	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	77.174,16	18.515.904,25
Jerumenha	4.372	874	197.095,57	34.580.100,05	408.044,17	62.875.781,43	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.666,40	17.194.463,34
João Costa	2.951	590	133.197,01	23.369.200,03	275.420,48	42.439.714,32	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	48.373,18	11.605.869,47
Joca Marques	5.214	1043	234.894,72	41.211.900,06	486.629,07	74.984.978,13	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.468,58	20.505.931,35
Juazeiro do Piauí	4.793	959	215.995,15	37.896.000,05	447.336,62	68.930.379,78	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	78.567,49	18.850.197,34
Júlio Borges	5.439	1088	244.794,50	42.948.800,06	507.628,60	78.220.808,60	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	89.156,81	21.390.824,82
Jurema	4.588	918	206.095,37	36.159.100,05	428.203,72	65.982.178,68	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.207,11	18.043.961,07
Lagoa Alegre	8.184	1637	368.091,73	64.581.100,09	763.822,85	117.697.940,35	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	134.153,22	32.186.525,15
Lagoa de São Francisco	6.517	1303	293.393,41	51.475.400,07	608.239,67	93.724.031,93	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.827,53	25.630.447,75
Lagoa do Barro do Piauí	4.535	907	204.295,41	35.843.300,05	423.257,16	65.219.960,84	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	74.338,32	17.835.519,50
Lagoa do Piauí	3.920	784	176.396,04	30.948.400,04	365.858,45	56.375.357,55	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.257,16	15.416.810,68
Lagoa do Sítio	4.958	992	223.194,99	39.159.200,05	462.736,27	71.303.322,13	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.272,19	19.499.119,22
Lagoinha do Piauí	2.721	544	122.397,25	21.474.400,03	253.954,30	39.131.976,50	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	44.602,99	10.701.311,70
Landri Sales	5.229	1046	234.894,72	41.211.900,06	488.029,04	75.200.700,16	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.714,46	20.564.924,25
Madeiro	7.974	1595	359.091,94	63.002.100,08	744.223,29	114.677.831,91	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	130.710,87	31.360.624,58
Manoel Emídio	5.223	1045	234.894,72	41.211.900,06	487.469,05	75.114.411,35	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.616,11	20.541.327,09
Marcolândia	8.059	1612	362.691,85	63.633.700,09	752.156,44	115.900.256,76	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.104,20	31.694.917,67
Marcos Parente	4.453	891	200.695,49	35.211.700,05	415.604,00	64.040.680,40	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.994,17	17.513.024,99
Massapê do Piauí	6.260	1252	281.693,67	49.422.700,07	584.253,55	90.027.994,45	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	102.614,75	24.619.702,77
Miguel Leão	1.236	247	55.798,75	9.789.800,01	115.357,41	17.775.495,39	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	20.260,68	4.861.014,80
Milton Brandão	6.750	1350	304.193,17	53.370.200,07	629.985,85	97.074.914,15	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	110.646,90	26.546.804,10
Monsenhor Hipólito	7.486	1497	336.592,44	59.054.600,08	698.677,64	107.659.675,16	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	122.711,51	29.441.388,97
Morro Cabeça no Tempo	4.053	811	182.695,90	32.053.700,04	378.271,50	58.288.092,90	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	66.437,31	15.939.881,04
Morro do Chapéu do Piauí	6.574	1315	296.093,35	51.949.100,07	613.559,55	94.543.775,65	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.761,88	25.854.620,77
Murici dos Portelas	8.714	1743	392.391,19	68.844.400,09	813.288,40	125.320.118,80	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	142.841,05	34.270.940,88
Nazaré do Piauí	7.248	1450	325.792,68	57.159.800,08	676.464,81	104.236.885,59	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	118.810,18	28.505.368,32
Nossa Senhora de Nazaré	4.661	932	209.695,29	36.790.700,05	435.016,90	67.032.025,90	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	76.403,73	18.331.059,84
Nossa Senhora dos Remédios	8.356	1671	376.191,55	66.002.200,09	779.875,82	120.171.552,98	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	136.972,66	32.862.977,05

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Nova Santa Rita	4.233	847	190.795,72	33.474.800,04	395.071,13	60.876.757,27	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.387,90	16.647.795,82
Novo Oriente do Piauí	6.459	1292	290.693,47	51.001.700,07	602.826,46	92.889.906,74	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	105.876,79	25.402.341,88
Novo Santo Antônio	3.329	666	149.396,64	26.211.400,04	310.699,69	47.875.909,51	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	54.569,41	13.092.490,50
Olho d'Água do Piauí	2.678	536	120.597,29	21.158.600,03	249.941,05	38.513.573,35	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	43.898,13	10.532.198,72
Padre Marcos	6.687	1337	300.593,25	52.738.600,07	624.105,98	96.168.881,62	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	109.614,19	26.299.033,93
Paes Landim	4.049	810	181.795,92	31.895.800,04	377.898,18	58.230.567,02	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	66.371,75	15.924.149,60
Pajeú do Piauí	3.434	687	154.796,52	27.158.800,04	320.499,47	49.385.963,73	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	56.290,58	13.505.440,78
Palmeira do Piauí	4.962	992	223.194,99	39.159.200,05	463.109,60	71.360.848,00	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.337,76	19.514.850,66
Paquetá	3.891	778	175.496,06	30.790.500,04	363.151,84	55.958.294,96	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.781,79	15.302.757,74
Passagem Franca do Piauí	4.424	885	198.895,53	34.895.900,05	412.897,39	63.623.617,81	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.518,80	17.398.972,05
Patos do Piauí	6.178	1236	278.093,75	48.791.100,07	576.600,38	88.848.714,02	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	101.270,60	24.297.208,26
Pavussu	3.629	726	162.896,34	28.579.900,04	338.699,06	52.190.350,14	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.487,05	14.272.348,46
Pedro Laurentino	2.445	489	109.797,53	19.263.800,03	228.194,88	35.162.691,12	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	40.078,76	9.615.842,38
Porto Alegre do Piauí	2.606	521	116.997,37	20.527.000,03	243.221,20	37.478.107,60	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	42.717,90	10.249.032,81
Prata do Piauí	3.088	618	138.596,89	24.316.600,03	288.206,86	44.409.975,54	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	50.618,91	12.144.671,27
Queimada Nova	8.679	1736	390.591,23	68.528.600,09	810.021,81	124.816.767,39	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	142.267,32	34.133.290,79
Redenção do Gurguéia	8.494	1699	382.491,41	67.107.500,09	792.755,53	122.156.195,67	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	139.234,78	33.405.711,71
Riacho Frio	4.229	846	189.895,74	33.316.900,04	394.697,80	60.819.231,40	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.322,33	16.632.064,38
Ribeira do Piauí	4.321	864	194.395,63	34.106.400,05	403.284,28	62.142.326,52	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.830,41	16.993.887,49
Ribeiro Gonçalves	7.015	1403	315.892,91	55.422.900,07	654.718,63	100.886.003,37	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	114.990,81	27.589.011,97
Rio Grande do Piauí	6.282	1256	282.593,65	49.580.600,07	586.306,83	90.344.386,77	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	102.975,38	24.706.225,69
Santa Cruz do Piauí	6.065	1213	272.693,88	47.843.700,06	566.053,95	87.223.608,05	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.418,29	23.852.795,09
Santa Cruz dos Milagres	3.864	773	173.696,10	30.474.700,04	360.631,90	55.569.995,30	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.339,20	15.196.570,53
Santa Filomena	6.106	1221	274.493,84	48.159.500,06	569.880,53	87.813.248,27	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.090,36	24.014.042,35
Santa Luz	5.624	1125	252.894,32	44.369.900,06	524.894,88	80.881.380,32	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.189,36	22.118.403,89
Santa Rosa do Piauí	5.145	1029	231.294,81	40.580.300,05	480.189,22	73.992.656,78	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.337,52	20.234.564,02
Santana do Piauí	4.489	898	201.595,47	35.369.600,05	418.963,92	64.558.413,28	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.584,28	17.654.607,94
Santo Antônio de Lisboa	6.136	1227	276.293,79	48.475.300,07	572.680,47	88.244.692,33	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.582,13	24.132.028,14
Santo Antônio dos Milagres	2.087	417	93.597,90	16.421.600,02	194.782,29	30.014.125,31	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	34.210,38	8.207.878,54
Santo Inácio do Piauí	3.679	736	165.596,28	29.053.600,04	343.365,62	52.909.423,58	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	60.306,66	14.468.991,45
São Braz do Piauí	4.332	866	195.295,61	34.264.300,05	404.310,92	62.300.522,68	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	71.010,72	17.037.148,94
São Félix do Piauí	2.925	585	131.397,05	23.053.400,03	272.993,87	42.065.796,13	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.946,99	11.503.615,11

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
São Francisco de Assis do Piauí	5.686	1137	255.594,26	44.843.600,06	530.681,41	81.773.031,39	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.205,67	22.362.241,20
São Francisco do Piauí	6.290	1258	283.493,63	49.738.500,07	587.053,48	90.459.438,52	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	103.106,52	24.737.688,56
São Gonçalo do Gurguéia	2.901	580	130.497,07	22.895.500,03	270.753,92	41.720.640,88	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.553,58	11.409.226,47
São Gonçalo do Piauí	4.831	966	217.795,11	38.211.800,05	450.883,21	69.476.875,59	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	79.190,39	18.999.646,02
São João da Canabrava	4.476	895	201.595,47	35.369.600,05	417.750,62	64.371.454,18	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.371,19	17.603.480,77
São João da Fronteira	5.718	1144	257.394,22	45.159.400,06	533.668,01	82.233.238,39	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.730,22	22.488.092,72
São João da Serra	6.079	1216	273.593,86	48.001.600,06	567.360,59	87.424.948,61	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.647,78	23.907.855,13
São João da Varjota	4.693	939	211.495,25	37.106.500,05	438.003,50	67.492.232,90	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	76.928,28	18.456.911,36
São João do Arraial	7.578	1516	341.092,34	59.844.100,08	707.264,12	108.982.770,28	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	124.219,58	29.803.212,07
São José do Divino	5.189	1038	233.094,77	40.896.100,05	484.295,79	74.625.441,41	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	85.058,78	20.407.609,85
São José do Peixe	3.682	736	165.596,28	29.053.600,04	343.645,62	52.952.567,98	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	60.355,83	14.480.790,03
São José do Piauí	6.574	1315	296.093,35	51.949.100,07	613.559,55	94.543.775,65	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	107.761,88	25.854.620,77
São Julião	5.719	1144	257.394,22	45.159.400,06	533.761,35	82.247.619,85	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.746,61	22.492.025,58
São Lourenço do Piauí	4.451	890	200.695,49	35.211.700,05	415.417,34	64.011.917,46	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.961,38	17.505.159,27
São Luis do Piauí	2.573	515	116.097,39	20.369.100,03	240.141,27	37.003.519,13	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	42.176,96	10.119.248,44
São Miguel da Baixa Grande	2.386	477	107.097,59	18.790.100,03	222.688,33	34.314.184,47	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	39.111,63	9.383.803,64
São Miguel do Fidalgo	2.974	595	134.096,99	23.527.100,03	277.567,10	42.770.488,10	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	48.750,20	11.696.325,24
Sebastião Barros	3.475	695	156.596,48	27.474.600,04	324.326,05	49.975.603,95	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	56.962,66	13.666.688,04
Sebastião Leal	4.159	832	187.195,80	32.843.200,04	388.164,62	59.812.528,58	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	68.174,88	16.356.764,19
Sigefredo Pacheco	9.706	1941	436.490,20	76.581.500,10	905.872,99	139.586.535,81	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	159.102,04	38.172.337,87
Socorro do Piauí	4.495	899	202.495,45	35.527.500,05	419.523,91	64.644.702,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.682,64	17.678.205,10
Sussuapara	6.409	1282	287.993,53	50.528.000,07	598.159,90	92.170.833,30	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	105.057,18	25.205.698,89
Tamboril do Piauí	2.805	561	125.997,17	22.106.000,03	261.794,12	40.340.019,88	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	45.979,93	11.031.671,93
Tanque do Piauí	2.663	533	119.697,31	21.000.700,03	248.541,08	38.297.851,32	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	43.652,25	10.473.205,83
Várzea Branca	4.875	975	219.595,07	38.527.600,05	454.989,78	70.109.660,22	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	79.911,65	19.172.691,85
Várzea Grande	4.316	863	194.395,63	34.106.400,05	402.817,62	62.070.419,18	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.748,45	16.974.223,19
Vera Mendes	2.998	600	134.996,97	23.685.000,03	279.807,05	43.115.643,35	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.143,61	11.790.713,88
Vila Nova do Piauí	2.990	598	134.996,97	23.685.000,03	279.060,40	43.000.591,60	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.012,48	11.759.251,00
Wall Ferraz	4.323	865	194.395,63	34.106.400,05	403.470,94	62.171.089,46	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.863,19	17.001.753,21

B.8 – Consolidação dos resultados para o Rio Grande do Norte

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Água Nova	3.026	605	135.896,95	23.842.900,03	282.420,32	43.518.324,48	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.602,59	11.900.833,96
Almino Afonso	4.823	965	216.895,13	38.053.900,05	450.136,56	69.361.823,84	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	79.059,26	18.968.183,14
Antônio Martins	6.930	1386	312.292,99	54.791.300,07	646.785,47	99.663.578,53	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.597,48	27.254.718,88
Augusto Severo	9.330	1866	420.290,56	73.739.300,10	870.780,44	134.179.103,56	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	152.938,60	36.693.582,56
Baía Formosa	8.687	1737	390.591,23	68.528.600,09	810.768,46	124.931.819,14	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	142.398,46	34.164.753,67
Barcelona	3.944	789	177.296,02	31.106.300,04	368.098,40	56.720.512,80	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.650,57	15.511.199,32
Bento Fernandes	5.175	1035	233.094,77	40.896.100,05	482.989,15	74.424.100,85	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	84.829,29	20.352.549,81
Bodó	2.373	475	107.097,59	18.790.100,03	221.475,03	34.127.225,37	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	38.898,53	9.332.676,46
Bom Jesus	9.566	1913	430.190,34	75.476.200,10	892.806,62	137.573.130,18	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	156.807,14	37.621.737,49
Caiçara do Norte	6.043	1209	271.793,90	47.685.800,06	564.000,67	86.907.215,73	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.057,66	23.766.272,18
Caiçara do Rio do Vento	3.375	675	152.096,58	26.685.100,04	314.992,93	48.537.457,07	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	55.323,45	13.273.402,05
Carnaúba dos Dantas	7.559	1512	340.192,36	59.686.200,08	705.490,82	108.709.522,38	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	123.908,13	29.728.487,74
Coronel Ezequiel	5.405	1081	242.994,54	42.633.000,06	504.455,34	77.731.838,66	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.599,48	21.257.107,58
Coronel João Pessoa	4.783	957	215.095,17	37.738.100,05	446.403,31	68.786.565,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	78.403,57	18.810.868,74
Cruzeta	7.942	1588	357.291,98	62.686.300,08	741.236,69	114.217.624,91	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	130.186,32	31.234.773,06
Doutor Severiano	6.954	1391	313.192,97	54.949.200,07	649.025,42	100.008.733,78	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	113.990,89	27.349.107,52
Encanto	5.297	1059	238.494,64	41.843.500,06	494.375,56	76.178.640,04	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.829,13	20.832.358,72
Equador	5.846	1169	262.794,10	46.106.800,06	545.614,41	84.074.066,39	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	95.828,41	22.991.498,78
Felipe Guerra	5.765	1153	259.194,18	45.475.200,06	538.054,58	82.909.167,42	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	94.500,65	22.672.937,13
Fernando Pedroza	2.885	577	129.597,09	22.737.600,03	269.260,62	41.490.537,38	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.291,30	11.346.300,72
Florânia	8.957	1791	403.190,94	70.739.200,10	835.967,89	128.814.815,71	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	146.824,33	35.226.625,83
Francisco Dantas	2.852	570	128.697,11	22.579.700,03	266.180,69	41.015.948,91	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	46.750,36	11.216.516,34
Fruitoso Gomes	4.181	836	188.095,78	33.001.100,04	390.217,90	60.128.920,90	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	68.535,51	16.443.287,10
Galinhos	2.284	457	102.597,70	18.000.600,02	213.168,55	32.847.274,65	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	37.439,63	8.982.651,94
Grossos	9.566	1913	430.190,34	75.476.200,10	892.806,62	137.573.130,18	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	156.807,14	37.621.737,49
Ipueira	2.104	421	94.497,88	16.579.500,02	196.368,92	30.258.610,28	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	34.489,05	8.274.737,16
Itajá	7.036	1407	316.792,89	55.580.800,07	656.678,59	101.188.014,21	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.335,05	27.671.602,03
Itaú	5.609	1122	251.994,34	44.212.000,06	523.494,91	80.665.658,29	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.943,47	22.059.410,99
Jaçanã	8.150	1630	367.191,75	64.423.200,09	760.649,58	117.208.970,42	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	133.595,88	32.052.807,92
Jandaira	6.838	1368	307.793,09	54.001.800,07	638.199,00	98.340.483,40	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	112.089,40	26.892.895,77
Janduis	5.307	1061	238.494,64	41.843.500,06	495.308,88	76.322.454,72	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.993,05	20.871.687,31

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Januário Cicco	9.211	1842	414.890,68	72.791.900,10	859.674,03	132.467.708,77	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	150.987,94	36.225.572,24
Japi	5.401	1080	242.994,54	42.633.000,06	504.082,01	77.674.312,79	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.533,91	21.241.376,14
Jardim de Angicos	2.598	520	116.997,37	20.527.000,03	242.474,55	37.363.055,85	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	42.586,76	10.217.569,93
João Dias	2.602	520	116.997,37	20.527.000,03	242.847,88	37.420.581,72	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	42.652,33	10.233.301,37
José da Penha	5.862	1172	263.694,08	46.264.700,06	547.107,71	84.304.169,89	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	96.090,68	23.054.424,54
Jundiá	3.635	727	163.796,32	28.737.800,04	339.259,05	52.276.638,95	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.585,40	14.295.945,62
Lagoa de Pedras	7.079	1416	318.592,84	55.896.600,08	660.691,83	101.806.417,37	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	116.039,91	27.840.715,00
Lagoa de Velhos	2.671	534	120.597,29	21.158.600,03	249.287,73	38.412.903,07	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	43.783,39	10.504.668,71
Lagoa d'Anta	6.318	1264	284.393,61	49.896.400,07	589.666,76	90.862.119,64	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	103.565,50	24.847.808,64
Lagoa Salgada	7.679	1536	345.592,24	60.633.600,08	716.690,57	110.435.298,63	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	125.875,19	30.200.430,92
Lajes Pintadas	4.625	925	207.895,33	36.474.900,05	431.656,97	66.514.293,03	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.813,61	18.189.476,89
Lucrecia	3.696	739	166.496,26	29.211.500,04	344.952,25	53.153.908,55	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	60.585,32	14.535.850,07
Luis Gomes	9.679	1936	435.590,22	76.423.600,10	903.353,05	139.198.236,15	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	158.659,45	38.066.150,65
Major Sales	3.625	725	162.896,34	28.579.900,04	338.325,74	52.132.824,26	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	59.421,48	14.256.617,02
Marcelino Vieira	8.249	1650	370.791,67	65.054.800,09	769.889,38	118.632.735,82	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	135.218,70	32.442.161,04
Martins	8.293	1659	373.491,61	65.528.500,09	773.995,95	119.265.520,45	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	135.939,96	32.615.206,88
Messias Targino	4.259	852	191.695,69	33.632.700,05	397.497,74	61.250.675,46	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.814,09	16.750.050,17
Monte das Gameleiras	2.219	444	99.897,76	17.526.900,02	207.102,02	31.912.479,18	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	36.374,14	8.727.016,05
Olho-d'Água do Borges	4.270	854	192.595,67	33.790.600,05	398.524,38	61.408.871,62	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	69.994,41	16.793.311,63
Ouro Branco	4.704	941	211.495,25	37.106.500,05	439.030,14	67.650.429,06	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	77.108,59	18.500.172,82
Paraná	4.001	800	179.995,96	31.580.000,04	373.418,28	57.540.256,52	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	65.584,92	15.735.372,33
Paraú	3.824	765	171.896,14	30.158.900,04	356.898,65	54.994.736,55	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	62.683,52	15.039.256,13
Parazinho	4.924	985	221.395,03	38.843.400,05	459.563,01	70.814.352,19	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	80.714,86	19.365.401,99
Passagem	2.925	585	131.397,05	23.053.400,03	272.993,87	42.065.796,13	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.946,99	11.503.615,11
Pedra Grande	3.447	689	154.796,52	27.158.800,04	321.712,77	49.572.922,83	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	56.503,68	13.556.567,96
Pedra Preta	2.552	510	115.197,41	20.211.200,03	238.181,32	36.701.508,28	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	41.832,72	10.036.658,38
Pedro Avelino	7.045	1409	316.792,89	55.580.800,07	657.518,57	101.317.447,43	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	115.482,58	27.706.997,76
Plões	3.522	704	158.396,44	27.790.400,04	328.712,62	50.651.532,98	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	57.733,09	13.851.532,45
Portalegre	7.407	1481	332.992,52	58.423.000,08	691.304,47	106.523.539,13	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	121.416,53	29.130.693,04
Porto do Mangue	5.392	1078	242.994,54	42.633.000,06	503.242,03	77.544.879,57	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	88.386,38	21.205.980,40
Presidente Juscelino	9.035	1807	406.790,86	71.370.800,10	843.247,73	129.936.570,27	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	148.102,92	35.533.388,90
Pureza	8.645	1729	388.791,27	68.212.800,09	806.848,55	124.327.797,45	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	141.709,99	33.999.573,55
Rafael Fernandes	4.760	952	214.195,19	37.580.200,05	444.256,69	68.455.791,31	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	78.026,55	18.720.412,97
Rafael Godeiro	3.080	616	138.596,89	24.316.600,03	287.460,21	44.294.923,79	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	50.487,77	12.113.208,39
Riacho da Cruz	3.241	648	145.796,73	25.579.800,03	302.486,54	46.610.340,26	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	53.126,90	12.746.398,83

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Riacho de Santana	4.150	830	187.195,80	32.843.200,04	387.324,63	59.683.095,37	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	68.027,35	16.321.368,45
Riachuelo	7.265	1453	326.692,66	57.317.700,08	678.051,44	104.481.370,56	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	119.088,85	28.572.226,93
Rodolfo Fernandes	4.411	882	198.895,53	34.895.900,05	411.684,09	63.436.658,71	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	72.305,70	17.347.844,87
Ruy Barbosa	3.582	716	161.096,38	28.264.100,04	334.312,49	51.514.421,11	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	58.716,62	14.087.504,04
Santa Maria	4.911	982	221.395,03	38.843.400,05	458.349,71	70.627.393,09	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	80.501,76	19.314.274,81
Santana do Seridó	2.549	510	114.297,43	20.053.300,03	237.901,32	36.658.363,88	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	41.783,55	10.024.859,80
São Bento do Norte	2.915	583	131.397,05	23.053.400,03	272.060,56	41.921.981,44	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.783,07	11.464.286,51
São Bento do Trairí	4.005	801	179.995,96	31.580.000,04	373.791,61	57.597.782,39	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	65.650,49	15.751.103,77
São Fernando	3.427	685	153.896,54	27.000.900,04	319.846,15	49.285.293,45	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	56.175,84	13.477.910,76
São Francisco do Oeste	3.934	787	177.296,02	31.106.300,04	367.165,09	56.576.698,11	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.486,65	15.471.870,72
São João do Sabugi	5.956	1191	268.193,98	47.054.200,06	555.880,85	85.656.027,95	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	97.631,54	23.424.113,37
São José do Seridó	4.300	860	193.495,65	33.948.500,05	401.324,32	61.840.315,68	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	70.486,17	16.911.297,43
São Pedro	6.154	1231	277.193,77	48.633.200,07	574.360,43	88.503.558,77	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	100.877,19	24.202.819,62
São Rafael	8.098	1620	364.491,81	63.949.500,09	755.796,36	116.461.134,04	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	132.743,49	31.848.299,20
São Vicente	6.088	1218	273.593,86	48.001.600,06	568.200,57	87.554.381,83	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.795,30	23.943.250,87
Senador Elói de Souza	5.729	1146	257.394,22	45.159.400,06	534.694,66	82.391.434,54	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.910,53	22.531.354,18
Senador Georgino Avelino	4.018	804	180.895,94	31.737.900,04	375.004,91	57.784.741,49	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	65.863,59	15.802.230,95
Serra de São Bento	5.724	1145	257.394,22	45.159.400,06	534.228,00	82.319.527,20	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	93.828,57	22.511.689,88
Serra Negra do Norte	7.805	1561	350.992,12	61.581.000,08	728.450,31	112.247.363,69	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	127.940,60	30.695.971,26
Serrinha	6.480	1296	291.593,45	51.159.600,07	604.786,42	93.191.917,58	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.221,02	25.484.931,94
Serrinha dos Pintos	4.577	915	206.095,37	36.159.100,05	427.177,07	65.823.982,53	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	75.026,79	18.000.699,61
Severiano Melo	5.848	1170	262.794,10	46.106.800,06	545.801,08	84.102.829,32	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	95.861,19	22.999.364,50
Sítio Novo	5.107	1021	229.494,85	40.264.500,05	476.642,63	73.446.160,97	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	83.714,62	20.085.115,34
Taboleiro Grande	2.361	472	106.197,61	18.632.200,03	220.355,05	33.954.647,75	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	38.701,83	9.285.482,15
Tenente Laurentino Cruz	5.557	1111	250.194,38	43.896.200,06	518.641,69	79.917.821,91	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	91.091,08	21.854.902,28
Tibau	3.761	752	169.196,20	29.685.200,04	351.018,78	54.088.704,02	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.650,81	14.791.485,96
Timbaúba dos Batistas	2.312	462	104.397,66	18.316.400,02	215.781,82	33.249.955,78	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	37.898,61	9.092.772,01
Triunfo Potiguar	3.327	665	149.396,64	26.211.400,04	310.513,03	47.847.146,57	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	54.536,63	13.084.624,78
Várzea	5.271	1054	237.594,66	41.685.600,06	491.948,95	75.804.721,85	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	86.402,93	20.730.104,36
Venha-Ver	3.882	776	174.596,08	30.632.600,04	362.311,86	55.828.861,74	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	63.634,26	15.267.362,00
Viçosa	1.633	327	73.798,34	12.947.800,02	152.409,91	23.484.938,49	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	26.768,35	6.422.360,16
Vila Flor	2.924	585	131.397,05	23.053.400,03	272.900,54	42.051.414,66	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	47.930,60	11.499.682,25

B.9 – Consolidação dos resultados para Sergipe

Município	Nº de habitantes projetados (2012)	Nº de Famílias (5 pessoas)	Solar Fotovoltaica				Biomassa				Eólica	
			Minirredes		Sistemas isolados		Resíduos Agrícolas		Óleo de dendê		Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)
			Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)	Custo evitado (R\$)	Custo do empreendimento considerando a externalidade (R\$)		
Amparo de São Francisco	2.290	458	103.497,68	18.158.500,02	213.728,53	32.933.563,47	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	37.537,98	9.006.249,10
Araújo	9.495	1899	427.490,40	75.002.500,10	886.180,10	136.552.045,90	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	155.643,30	37.342.504,44
Brejo Grande	7.839	1568	352.792,08	61.896.800,08	731.623,57	112.736.333,63	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	128.497,93	30.829.688,50
Canhoba	3.955	791	178.196,00	31.264.200,04	369.125,04	56.878.708,96	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	64.830,89	15.554.460,77
Cedro de São João	5.672	1134	255.594,26	44.843.600,06	529.374,78	81.571.690,82	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.976,18	22.307.181,17
Cumbe	3.839	768	172.796,12	30.316.800,04	358.298,62	55.210.458,58	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	62.929,40	15.098.249,03
Divina Pastora	4.487	897	201.595,47	35.369.600,05	418.777,26	64.529.650,34	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	73.551,50	17.646.742,22
Feira Nova	5.363	1073	241.194,58	42.317.200,06	500.535,43	77.127.816,97	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	87.911,01	21.091.927,47
General Maynard	3.009	602	134.996,97	23.685.000,03	280.833,69	43.273.839,51	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.323,93	11.833.975,34
Gracho Cardoso	5.665	1133	254.694,28	44.685.700,06	528.721,46	81.471.020,54	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	92.861,43	22.279.651,15
Ilha das Flores	8.359	1672	376.191,55	66.002.200,09	780.155,81	120.214.697,39	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	137.021,84	32.874.775,63
Itabi	4.942	988	222.295,01	39.001.300,05	461.242,97	71.073.218,63	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	81.009,92	19.436.193,46
Macambira	6.492	1298	292.493,43	51.317.500,07	605.906,39	93.364.495,21	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	106.417,73	25.532.126,26
Malhada dos Bois	3.494	699	157.496,46	27.632.500,04	326.099,34	50.248.851,86	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	57.274,11	13.741.412,38
Muribeca	7.381	1476	332.092,54	58.265.100,08	688.877,86	106.149.620,94	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	120.990,33	29.028.438,68
Nossa Senhora Aparecida	8.543	1709	384.291,37	67.423.300,09	797.328,76	122.860.887,64	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	140.037,99	33.598.421,84
Nossa Senhora de Lourdes	6.271	1254	282.593,65	49.580.600,07	585.280,19	90.186.190,61	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	102.795,07	24.662.964,23
Pedra Mole	3.026	605	135.896,95	23.842.900,03	282.420,32	43.518.324,48	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.602,59	11.900.833,96
Pedrinhas	8.970	1794	404.090,92	70.897.100,10	837.181,20	129.001.774,80	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	147.037,43	35.277.753,01
Pinhão	6.084	1217	273.593,86	48.001.600,06	567.827,25	87.496.855,95	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	99.729,74	23.927.519,43
Pirambu	8.538	1708	384.291,37	67.423.300,09	796.862,10	122.788.980,30	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	139.956,03	33.578.757,55
Riachuelo	9.509	1902	427.490,40	75.002.500,10	887.486,73	136.753.386,47	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	155.872,79	37.397.564,48
Rosário do Catete	9.541	1908	429.290,36	75.318.300,10	890.473,33	137.213.593,47	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	156.397,34	37.523.415,99
Santa Rosa de Lima	3.773	755	170.096,18	29.843.100,04	352.138,76	54.261.281,64	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.847,52	14.838.680,28
Santana do São Francisco	7.175	1435	323.092,74	56.686.100,08	669.651,63	103.187.038,37	170.900,12	33.835.979,38	134.847,22	18.140.843,99	117.613,55	28.218.269,55
São Francisco	3.524	705	158.396,44	27.790.400,04	328.899,28	50.680.295,92	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	57.765,88	13.859.398,17
São Miguel do Aleixo	3.736	747	168.296,22	29.527.300,04	348.685,50	53.729.167,30	113.933,41	22.557.319,59	89.898,14	12.093.896,00	61.241,01	14.693.164,46
Siriri	8.169	1634	367.191,75	64.423.200,09	762.422,88	117.482.218,32	227.866,82	45.114.639,18	179.796,29	24.187.791,99	133.907,33	32.127.532,25
Telha	3.006	601	134.996,97	23.685.000,03	280.553,70	43.230.695,10	56.966,71	11.278.659,79	44.949,07	6.046.948,00	49.274,75	11.822.176,76

APÊNDICE C – Programação em VBA do Cálculo da Viabilidade Econômica da Energia Solar Fotovoltaica – Sistema Isolado

```
Private Sub Efix_Change()  
Dim Efix As Double  
End Sub
```

```
Private Sub Arm_Change()  
Dim Arm As Double  
End Sub
```

```
Private Sub Kit_Change()  
Dim Kit As Double  
End Sub
```

```
Private Sub nsist_Click()  
Dim nsist As Double  
nsist = Int((np.Value) / 5)  
MsgBox " Número de Sistemas de Energia Solar - Sistema Isolado " & nsist & " em " & x & " anos."  
End Sub
```

```
Private Sub Sinst_Change()  
Dim Sinst As Double  
End Sub
```

```
Private Sub Vsol_Change()  
Dim Vsol As Double  
End Sub
```

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


End Sub

```
Private Sub contro_Change()  
Dim contro As Double  
End Sub
```

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

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

```
Private Sub emiss_Change()  
Dim emiss As Double  
End Sub
```

```
Private Sub Vcer_Change()  
Dim Vcer As Double  
End Sub
```

```
Private Sub Vdolar_Change()  
Dim Vdolar As Double  
End Sub
```

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

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

```
Private Sub CommandButton4_Click()
Dim consumo As Double
consumo = pico * fc * h * edia * 365 * x * ((np.Value) / 5)
MsgBox "(" & consumo & " kWh em " & x & " anos."
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton7_Click()
Dim VERAT As Double
VERAT = Vsol - (((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar
MsgBox "(" & VERAT & " R$ em " & x & " anos."
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim valor As Double
valor = ((painel * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst
```

```
MsgBox " Custo de 1 sistema Energia Solar - Sistema Isolado " & valor & " moeda"
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()
Dim ct As Double
ct = ((np.Value) / 5) * (((painel * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol - (((pico * fc * h * edia * 365) * x) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar
MsgBox " Custo total do Empreendimento da Energia Solar - Sistema Isolado " & ct & " moeda em" & x & " anos."
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton5_Click()
Dim presolar As Double
presolar = (((np.Value) / 5) * (((painel * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol - (((pico * fc * h * edia * 365) * x) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar) / (((pico * fc * h * edia * 365) * x) * ((np.Value) / 5))
MsgBox " Custo da Energia Solar - Sistema Isolado " & presolar & " moeda/kWh"
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 - Sistema Isolado"
.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 = np.Value
.Cells(ul + 2, 2).Value = (((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5)
.Cells(ul + 2, 3).Value = (((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * 12
.Cells(ul + 2, 4).Value = x
.Cells(ul + 2, 5).Value = (((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * 12 * x
.Cells.Columns.AutoFit
End With
End Sub
Private Sub grafSolarSI_Click()
Dim ul As Long
ul = Worksheets("grafSolarSI").Range("A65536").End(xlUp).Row + 1
With Worksheets("grafSolarSI")
.Cells(ul, 1).Value = np.Value
.Cells(ul, 2).Value = ((np.Value) / 5) * (((paine1 * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol -
(((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar
.Cells(ul, 3).Value = ((paine1 * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst
.Cells(ul, 4).Value = (((np.Value) / 5) * (((paine1 * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol -
(((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar) / ((pico * fc * h * edia * 365 * x) * ((np.Value) / 5))
.Cells.Columns.AutoFit
End With
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
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 enegia útil total produzida por 1 sistema é: " & mwh & " MWh"
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 + 2, 1).Value = pico
.Cells(ul + 2, 2).Value = h.Value
.Cells(ul + 2, 3).Value = fc
```

.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

.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 * 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 * 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 * 365) * x) / 1000

.Cells(ul + 7, 1).Value = "Número de Sistemas"

.Cells(ul + 7, 1).Interior.ColorIndex = 35

.Cells(ul + 7, 2).Value = ((np.Value) / 5)

.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 * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst

.Cells(ul + 9, 1).Value = "Custo do empreendimento em " & x & " anos (moeda)"

.Cells(ul + 9, 1).Interior.ColorIndex = 35

.Cells(ul + 9, 2).Value = ((np.Value) / 5) * (((painel * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol -
(((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar

.Cells(ul + 10, 1).Value = "Custo da Energia Solar - Sistema Isolado (moeda/kWh) "

.Cells(ul + 10, 1).Interior.ColorIndex = 35

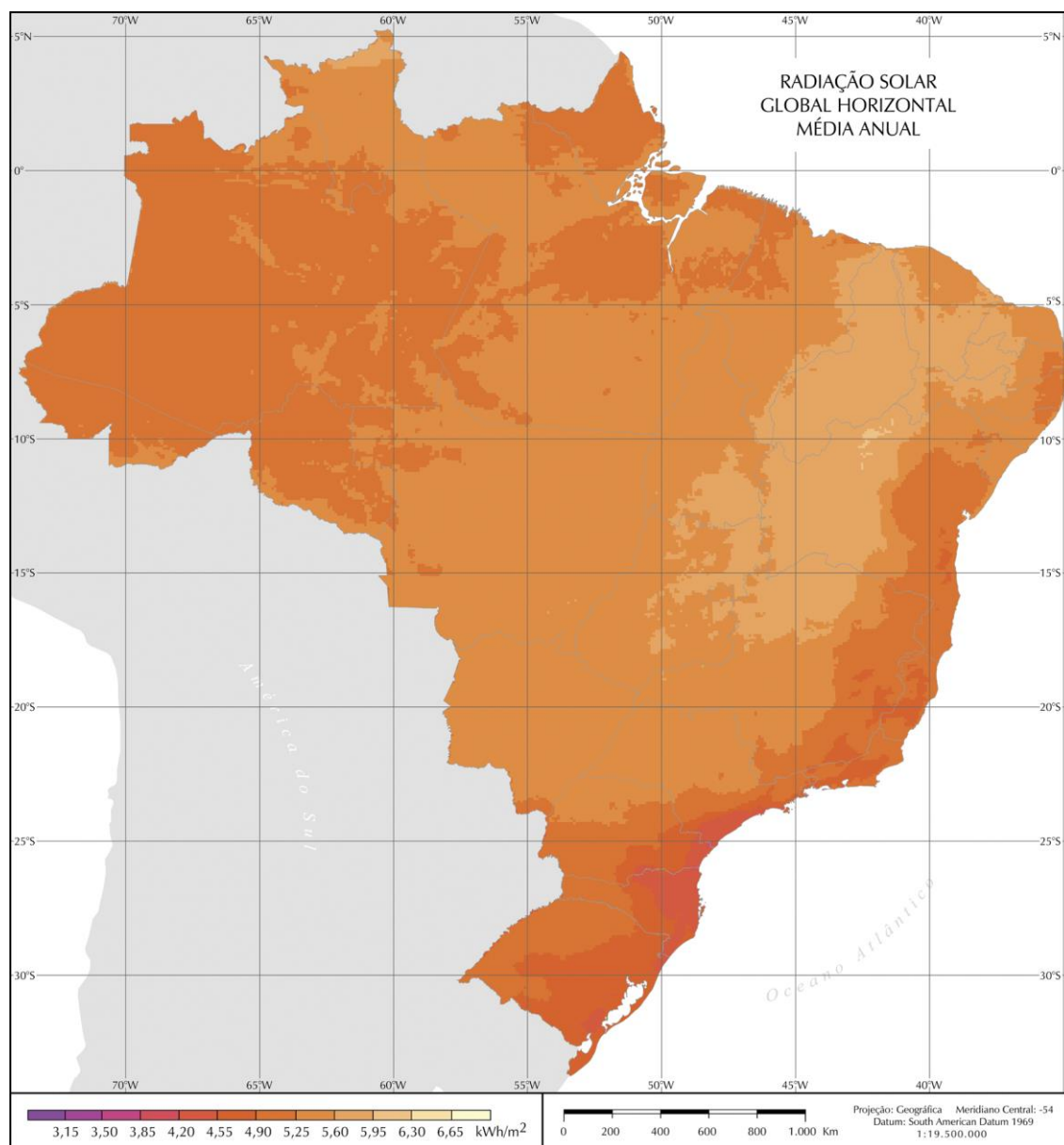
.Cells(ul + 10, 2).Value = (((np.Value) / 5) * (((painel * 8) + (3 * 2 * contro) + (3 * Inv) + (bat * 48)) + Kit + Arm + (2 * Efix) + Sinst) + Vsol -
(((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5) * emiss * Vcer * Vdolar) / (((pico * fc * h * edia * 365) * x)) * ((np.Value) / 5)

```
.Cells.Columns.AutoFit  
End With  
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_initialize()  
cee.AddItem "80"  
np.AddItem "1000"  
np.AddItem "10000"  
pico.AddItem "1,12"  
pico.AddItem "1,0"  
h.AddItem "5,9"  
h.AddItem "1,0"  
fc.AddItem "0,75"  
fc.AddItem "1,0"  
edia.AddItem "1,0"  
paine1.AddItem "900,00"  
contro.AddItem "530,48"  
Inv.AddItem "3237,63"  
bat.AddItem "757,00"  
Kit.AddItem "1632,26"  
Arm.AddItem "1020,43"  
Efix.AddItem "2651,61"  
Sinst.AddItem "7986,32"  
emiss.AddItem "0,000755"  
Vcer.AddItem "5,00"  
Vdolar.AddItem "2,2779"  
Vsol.AddItem "0,0"  
End Sub
```

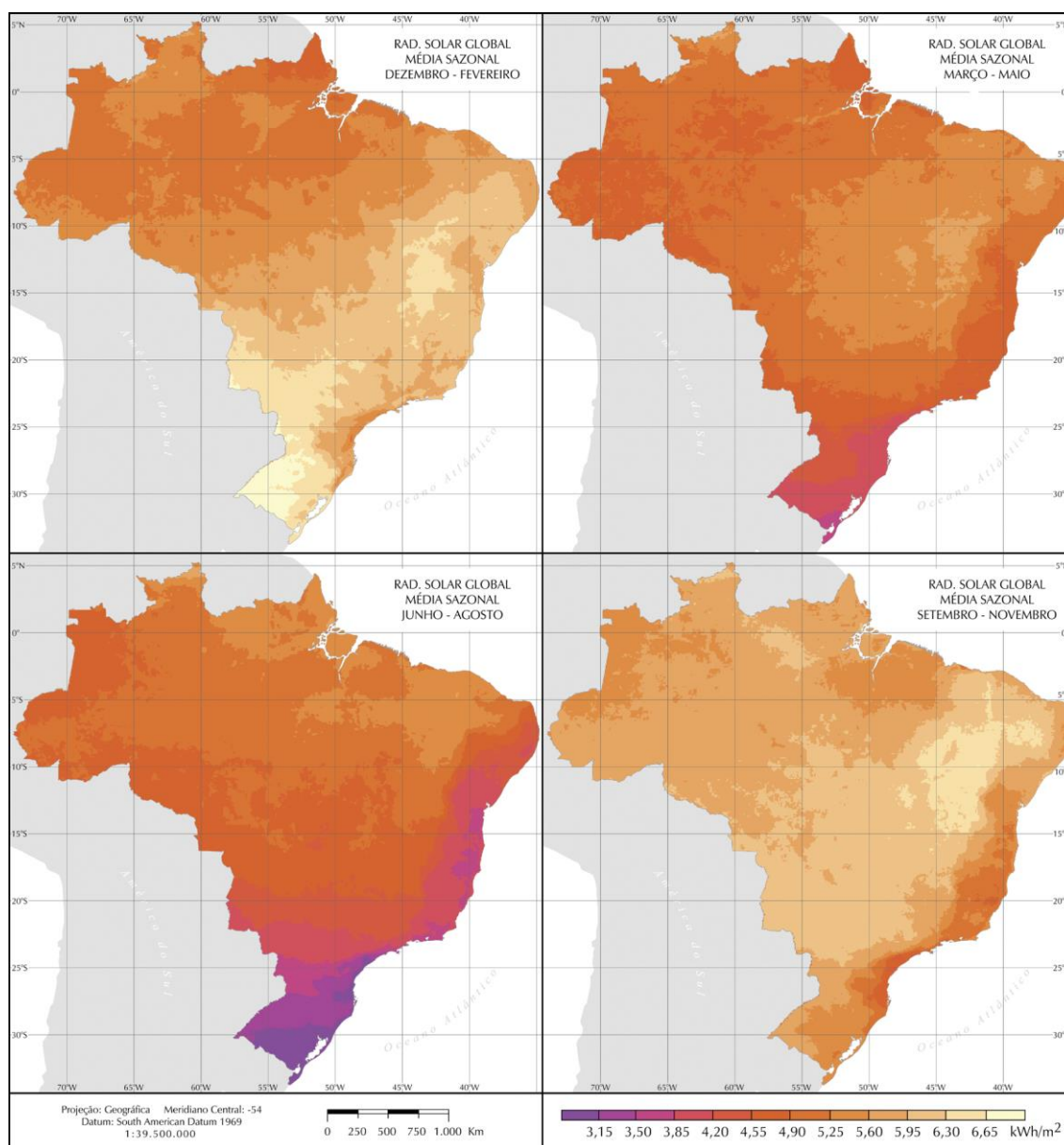
ANEXO A – MAPAS SOLARIMÉTRICOS

A.1 – Média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro



Fonte: Pereira et al., 2006.

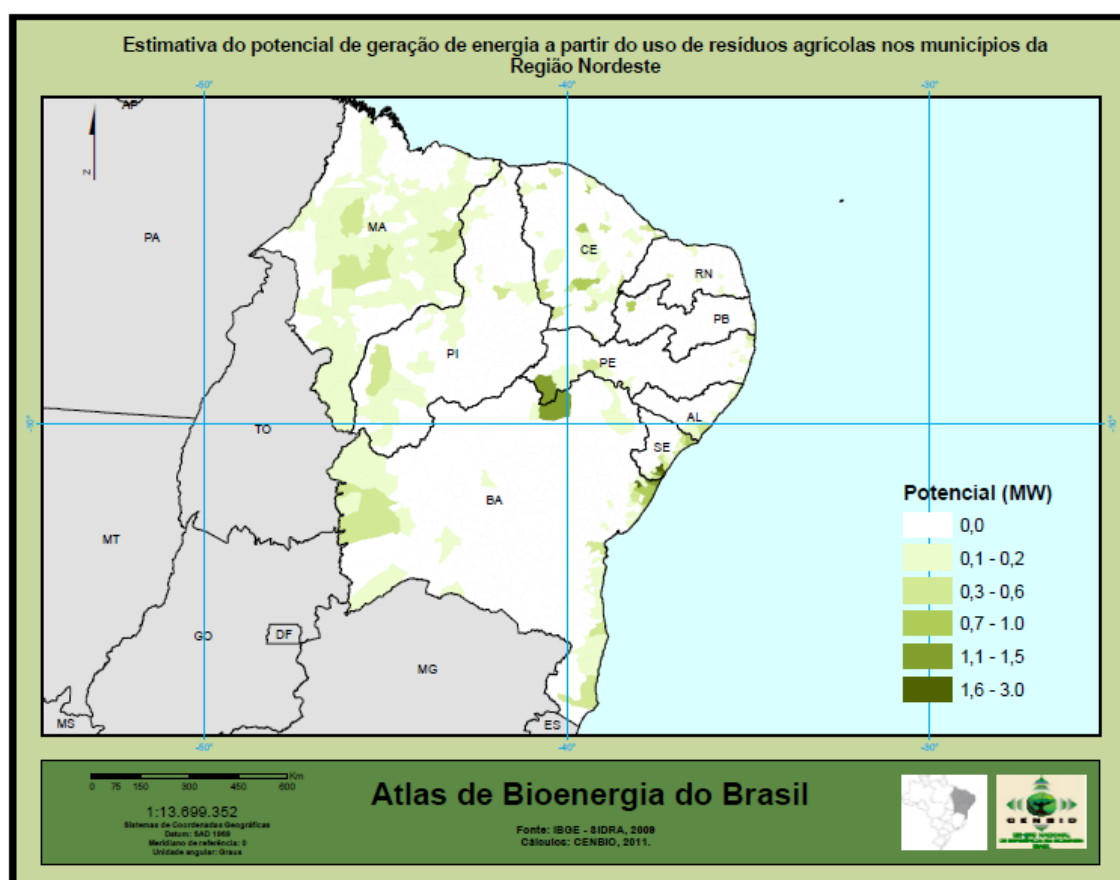
A.2 – Médias sazonais da irradiação global diária no território brasileiro



Fonte: Pereira et al., 2006.

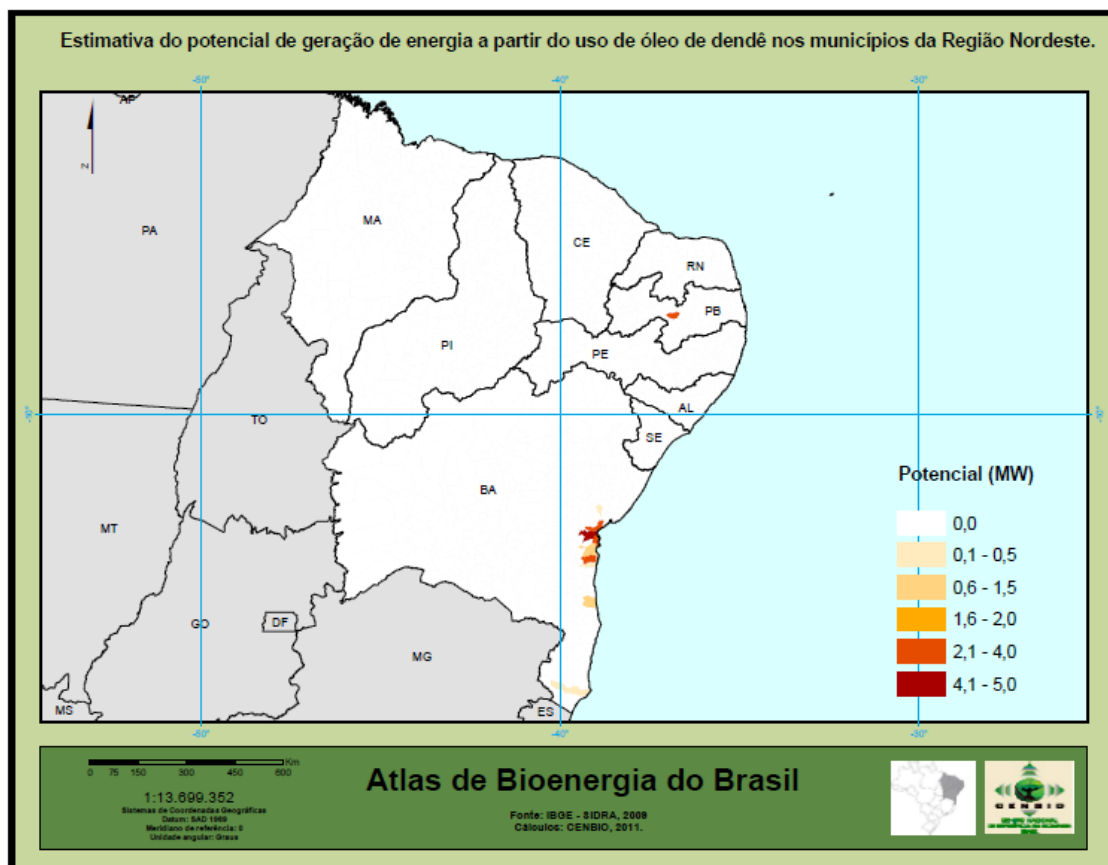
ANEXO B – MAPAS DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA DA BIOMASSA (RESÍDUOS AGRÍCOLAS E ÓLEO DE DENDÊ) NA REGIÃO NORDESTE BRASILEIRA

B.1 – Potencial de geração de energia a partir de resíduos agrícolas no Nordeste do Brasil



Fonte: CENBIO, 2012.

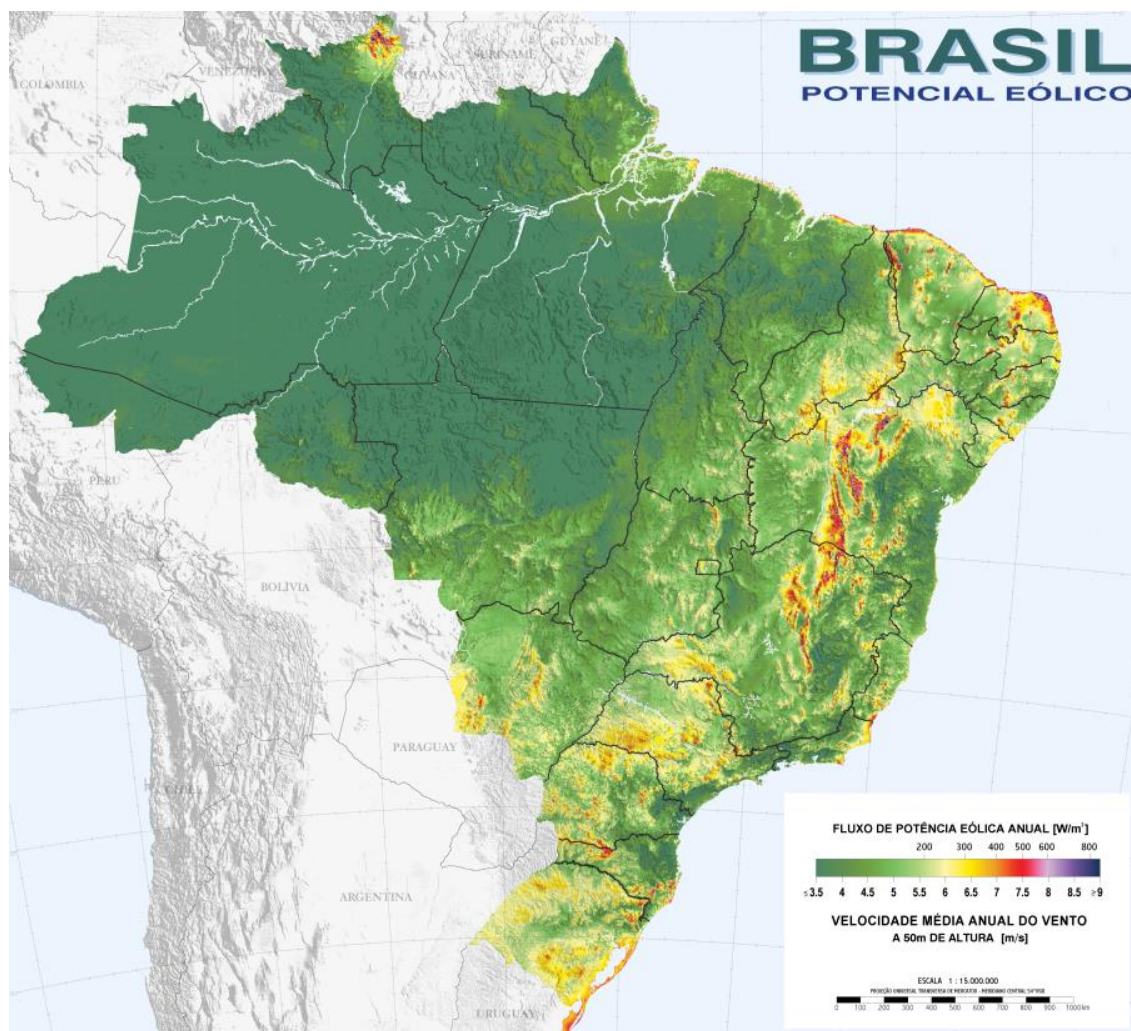
B.2 – Potencial de geração de energia a partir da biomassa do óleo de dendê no Nordeste do Brasil



Fonte: CENBIO, 2012.

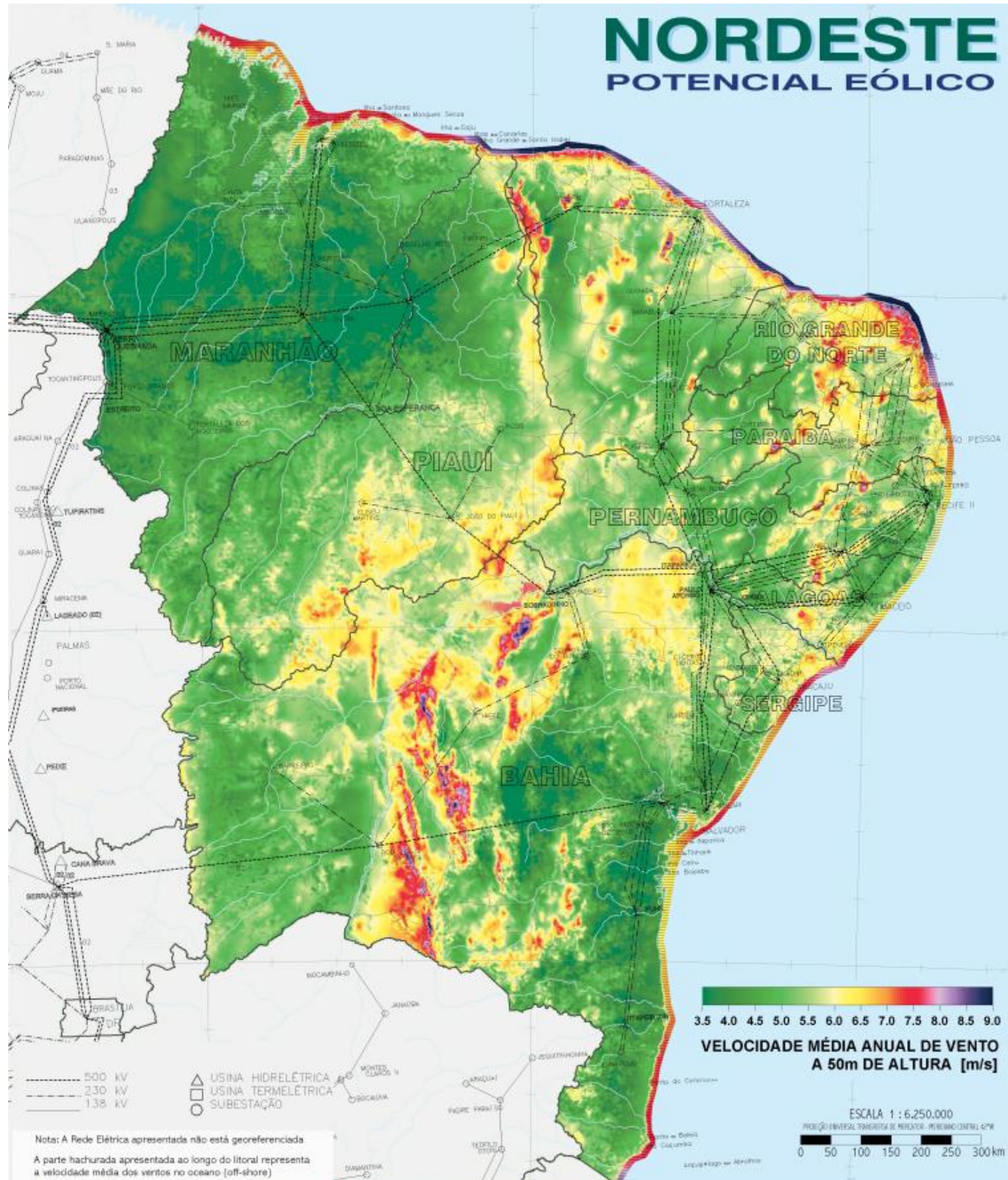
ANEXO C – MAPAS DO POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

C.1 – Velocidade média anual do vento a 50 metros de altura em m/s



Fonte: AMARANTE *et al.*, 2001.

C.2 – Velocidade média anual de vento a 50 metros de altura no Nordeste do Brasil



Fonte: AMARANTE *et al.*, 2001.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência Nacional de Energia Elétrica. 3 ed. Brasília : Aneel, 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Estudo de vida útil econômica e taxa de depreciação. vol. 1. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Centro de Estudos em Recursos Naturais e Energia. ANEEL: nov. 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa nº 83 de 20 de setembro de 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução Normativa nº 493 de 5 de junho de 2012.

ALVIM, C. F., FERREIRA, O. C., GUIDICINI, O. M., EILDELMAN, F., FERREIRA, P. A., BERNARDES, M. A. S. Comparação da emissão de gases de efeito estufa (GEE) na geração nuclear de eletricidade no Brasil com a de outras fontes. ***Economia & Energia***, n. 79, out/dez de 2010.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. ***Atlas do potencial eólico brasileiro***. Camargo Schubert Engenharia Eólica, True Wind Solutions, CRESESB, CEPEL, Eletrobrás, Ministério de Minas e Energia, Governo Federal. Brasília, 2001.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Boletim regional do Banco Central do Brasil. Jan 2009, vol. 3, n. 1. Disponível em:
<http://www.bcb.gov.br/pec/boletimregional/port/2009/01/br200901P.pdf>
Acesso em mar. 2013.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do Cidadão. Disponível em:
<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores> Acesso em: set. 2013 (a).

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Glossário. Disponível em:
<http://www.bcb.gov.br/glossario.asp?Definicao=1000&idioma=P&idpai=GLOSSARIO> Acesso em: set. 2013 (b).

BARRETO, E. J. F. (Coord. Geral) ***Sistemas Híbridos: Soluções energéticas para a Amazônia***. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

BLASQUES, L. C. M.; TUPIASSU, A. F.; PINHO, J. T. Análise econômica de tecnologias para eletrificação de uma pequena comunidade isolada da Amazônia. In: XVIII SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, XVIII SNPTEE, Curitiba, Paraná, Brasil, 16 a 21 de outubro de 2005.

BRANDLI, E. N.; PANDOLFO, A.; BECKER, A. C.; KUREK, J.; BRANDLI, G. L. Análise das vantagens e limitações dos métodos de valoração de recursos ambientais: Método do custo de viagem, método de valoração contingente e método de preços hedônicos. *In: XIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, SIMPEP, Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.*

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SERGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). Tutorial de energia eólica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=tutorial_eolica Acesso em: jul. 2013.

CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA (CENBIO). **Atlas de Biomassa**. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/atlasbiomassa.htm> Acesso em dez. 2012.

COASE, R.H. *The problem of social cost. The Journal of Law and Economics*. The University of Chicago Press, out. 1960, vol. 3, pp. 1-44.

COELHO, S. T.; MONTEIRO, M. B.; KARNIOL, M. R. **Atlas de Bioenergia do Brasil**. São Paulo, Centro Nacional de Referência em Biomassa- CENBIO, Projeto Fortalecimento Institucional do CENBIO, Convênio 721606/2009, Ministério de Minas e Energia, 2012.

COELHO, S. T.; SILVA, O. C.; VELASQUEZ, S. M. S. G.; LISBOA, A. F. A. R.; GODOY, F. Uso de óleo de palma “in natura” como combustível em comunidades isoladas da Amazônia. *In: III WORKSHOP BRASIL-JAPÃO EM ENERGIA, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*. Campinas, SP, Brasil, 23 a 25 nov. 2005.

COSTA, S. S. T. Introdução à economia do meio ambiente. **Análise: Revista Científica de Administração, Contabilidade e Economia**. Porto Alegre: v. 16, n. 2, p. 301-323, ago./dez. 2005.

DANTAS FILHO, P. L.; FRANCO, E. G.; PARENTE, V. Análise da viabilidade econômica financeira de um projeto de cogeração de energia através do bagaço de cana-de-açúcar. *In: III INTERNATIONAL CONGRESS UNIVERSITY-INDUSTRY COOPERATION, UNINDU, 7-10 dez. 2008, Ubatuba, Brasil.*

DUTRA, R. M.; TOLMASQUIM, M. T. Estudo de viabilidade econômica para projetos eólicos com base no novo contexto do setor elétrico. **Revista Brasileira de Energia**, vol. 9, n. 1. Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, SBPE, 2002.

ELETOBRAS. Programas: **PROINFRA**. Disponível em: <http://www.eletobras.com/elb/Proinfra/data/Pages/LUMISABB61D26PTBRIE.htm> Acesso em: fev. 2014.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2012: Ano base 2011**. Rio de Janeiro: EPE, 2012 (a).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Balanço Energético Nacional 2012 - Ano base 2011: Síntese do Relatório Final**. Rio de Janeiro: EPE, 2012 (b).

ENERGIA PURA. Disponível em: <https://www.energiapura.com/> Acesso em: set. 2013.

FOLHA DE SÃO PAULO. Nível de gás carbônico no ar atinge marca histórica. Ambiente, 10 mai. 2013. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2013/05/1276619-nivel-de-gas-carbonico-no-ar-passa-marca-historica.shtml> Acesso em: set. 2013.

FRANCO, E. G.; DANTAS FILHO, P. L.; BURANI, G. F.; RIBEIRO, C. E. R.; TAIOLI, F. Viabilidade econômica prévia do uso de uma rede de células a combustível de hidrogênio em uma comunidade remota. *III INTERNATIONAL CONGRESS UNIVERSITY-INDUSTRY Cooperation*, UNINDU, 7-10 dez. 2008, Ubatuba, Brasil.

GOLDEMBERG, J. O. Energia e Meio Ambiente no Brasil. **Estudos Avançados** v21 n.59. São Paulo, jan/abr 2007.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M. **Energia e meio ambiente**. Tradução da 3^o ed. Norte Americana. Tradução técnica por Flavio Maron Vichi e Leonardo Freire de Mello. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003. Título original: *Energy: its use and the environment*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php> Acesso em 03 abr. 2013.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA (IPEA). Comunicados do IPEA n. 80. **Utilização do mecanismo de desenvolvimento limpo. Sustentabilidade ambiental no Brasil: biodiversidade, economia e bem-estar humano**. Série eixos do desenvolvimento brasileiro, 23 fev. 2011.

KYOCERA SOLAR DO BRASIL. Disponível em: <http://www.kyocerasolar.com.br/site/index.php> Acesso em 05 dez. 2012.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. Tradução da 5^o ed. Norte-americana. Tradução por Allan Vidigal Hastings e Elisete Paes e Lima. Revisão técnica por Carlos Roberto Martins Passos e Manuel José Nunes Pinto. São Paulo, Cengage Learning, 2011. Título original: *Principles of Economics*.

MASSAMBANI, O. Aquecimento Global: expectativas para o século XXI. In MENEZES, L. C. (Org.) **A terra gasta: a questão do meio ambiente**. São Paulo, EDUC, 1992, pp. 41-48.

MATTOS, K. M. da C.; MATTOS, A. **Valoração econômica do Meio Ambiente: uma abordagem teórica e prática**. São Carlos: RiMa Editora, FAPESP, 2004.

MF RURAL. Disponível em:

<http://comprar-vender.mfrural.com.br/detalhe/grupo-gerador-de-energia-100-105-110-115-125-kva-silenciado-motor-cummins-123374.aspx> Acesso em 06 ago. 2013.

MELO, J. R.; MEDEIROS, J. F.; MARQUES, R. G.; ANDRADE, A. A. Estudo das características do licor negro. *Revista de engenharia e tecnologia*, vol. 3, n. 1, 2011.

MORET, A. S. Desafios ao setor elétrico de Rondônia, como a biomassa sustentável pode contribuir para o aumento da oferta de eletricidade: o caso dos resíduos agrícolas. *In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, CBPE 2004, Itajubá, Brasil, 2004.*

MOTTA, R. S. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.

MOTTA, R. S.; MENDES, A. P. F. Custos de saúde associados à poluição do ar no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, vol. 25, n. 1, abr. 1995.

MOURAD, A. L.; AMBROGI, V. S.; GUERRA, S. M. G. Potencial de utilização energética da biomassa residual de grãos. *In 5º ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2004, Campinas, SP, Brasil.*

NEOSOLAR Energia. *Sistemas de energia solar fotovoltaica e seus componentes*. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes> Acesso em set. 2013.

PEARCE, D.; MARKANDYA, A.; BARBIER, E. B. *Valuing the environment. In Blueprint for a green economy*. Londres: Earthscan Publication, 1991, cap. 3, pp. 51-81.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L.; RUTHER, R. *Atlas brasileiro de energia solar*. São José dos Campos: INPE, 2006.

PIGOU, A. C. *The Economics of Welfare*. Macmillan and Co. Limited, Londres, 1920.

PINTO, L. R. M. *Análise da viabilidade da geração de energia elétrica descentralizada a partir de resíduos agrícolas no estado de Goiás e estudo de caso do município de Rio Verde*. 2008. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). *Ranking IDHM Unidades da Federação 2010*. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx> Acesso em fev. 2014.

PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA – **PROINFA**. Coordenação Geral de Fontes Alternativas de Energia do Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>
Acesso em: junho de 2012.

REIS, M., M. **Custos Ambientais Associados à Geração Elétrica: Hidrelétricas X Termelétricas a Gás Natural**. 2001. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

REIS, L. B. dos; CARVALHO, C. E.; GALVÃO, L. C. R.; UDAETA, M. E. M. *Inserção das externalidades no planejamento energético através do ACV e o ACC*. Sociedade Brasileira de Planejamento Energético, **Revista Brasileira de Energia**, vol. 8, n. 2, 2001.

REIS, L.B.; GRIMONI, J. A. B.; CARVALHO, C. E.; BARCAUI, A. B.; FURTADO, J. S.; FERRAZ, M. P. R. P.; CRISTIANO, M. J. Desenvolvimento de sistema para mensuração das externalidades de projetos de linhas de transmissão. XVIII SNTPEE, SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. GIA – 02. Curitiba, Paraná, 16 a 21 de out. 2005.

RODRIGUES, W. Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de Cerrado. **Revista Economia e Sociologia Rural** vol.43 n.1 Brasília Jan/Mar. 2005.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G., CAMARGO, I.M.T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. *In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO: POLÍTICAS PÚBLICAS PARA ENERGIA DESAFIOS PARA O PRÓXIMO QUADRIÊNIO - V CBPE*, 31 mai. a 02 jun. 2006, Brasília, DF.

SILVA, O. C.; STELLA, O.; VARKULYA JR, A.; COELHO, S. T. Potencial de mitigação de gases estufa pela indústria de óleo de palma visando a captação de recursos do mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL). *In 3^o ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL*, 2000, Campinas, São Paulo, Brasil.

SILVEIRA, S. J. C. Externalidades negativas: as abordagens neoclássica e institucionalista. **Revista da FAE**, Curitiba, v.9, n. 2, p. 39-49, jul./dez. 2006.

SOARES, G. F. W.; VIEIRA, L. S. R.; NASCIMENTO, M. V. G. Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível. *In 3. ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL*, 2000, Campinas, SP.

SOLOMON, S., D. QIN; M. MANNING, Z. CHEN, M. MARQUIS, K.B. AVERYT, M. TIGNOR, H.L. MILLER (eds.). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. 2007.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. **Economia Ambiental: aplicações, políticas e teoria**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TN SUSTENTÁVEL. Disponível em: <http://www.tnsustentavel.com.br/biodiesel>
Acesso em: set. 2013.

UDAETA, M. E. M.; BOARATI, J. H.; GALVAO, L. C. R.; BURANI, G. F. Valoração ambiental e econômica de recursos energéticos tradicionais *In: CONGRESO INTERNACIONAL DE TRABAJOS COM TENSION Y SEGURIDAD EM TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA*. Buenos Aires: CIER, 2005. p.1-10.

VANNI, S. R. ***Estudo de Viabilidade Econômica de Fontes Alternativas de Energia de uma Comunidade Típica da Região Nordeste do Brasil***. 2008. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

VARIAN, H. R. ***Microeconomia: princípios básicos***. Tradução da 7^o ed.. Tradução por Maria José Cyhlar Monteiro e Ricardo Doninelli. Revisão técnica por Lia Hasenclever. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, 10^o reimpressão. Título original: *Intermediate Microeconomics: a Modern Approach, Seventh Edition*.

VITAL, M. H. F.; COSTA, F. C.; PINTO, M. A. C. Metodologias e técnicas para análise ambiental de projetos de investimento. *In: BNDES Setorial*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, n. 34, p. 203-238, set. 2011.

ZAMPIER, J. F.; MIRANDA, G. M. de. Levantamento das metodologias propostas para valoração econômica de bens ambientais. ***Revista Eletrônica Lato Senso***, ano 2, n. 1, jul. 2007. ISSN 1980-6116.