

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA  
NÍVEL DE MESTRADO**

**JACQUELINE LOPES NUNES**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE E  
SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE A PARTIR DO DENDÊ NA  
REGIÃO NORTE E SOLAR NA REGIÃO NORDESTE**

**Orientador: Prof. Dr. Tiago Wickstrom Alves**

**Co-orientador: Prof. Dr. Mário Henrique Macagnan**

São Leopoldo (RS)

2012

**JACQUELINE LOPES NUNES**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE E  
SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE A PARTIR DO DENDÊ NA  
REGIÃO NORTE E SOLAR NA REGIÃO NORDESTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do título de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Economia da Universidade  
do Vale do Rio dos Sinos.

Orientador: Prof. Dr. Tiago Wickstrom Alves  
Co-orientador: Prof. Dr. Mário Henrique  
Macagnan

São Leopoldo (RS)

2012

**JACQUELINE LOPES NUNES**

**PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS REGIÕES NORTE E NORDESTE E  
SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS: UMA ANÁLISE A PARTIR DO DENDÊ NA  
REGIÃO NORTE E SOLAR NA REGIÃO NORDESTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial  
para a obtenção do título de Mestre pelo Programa  
de Pós-Graduação em Economia da Universidade  
do Vale do Rio dos Sinos.

Aprovada em 23 de Maio de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Tiago Wickstrom Alves – UNISINOS

---

Prof. Dr. Mário Henrique Macagnan – UNISINOS

---

Prof. PhD. Alexandre Almir Ferreira Rivas – UFAM

---

Profa. Dra. Angélica Massuquetti – UNISINOS

---

Prof. Dr. Igor Alexandre Clemente de Moraes – UNISINOS

*Aos meus queridos pais, Clóvis e Josi.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu pai, Clóvis Barreto, meu grande incentivador, que nunca me deixou desistir e quem me permitiu a conquista de mais esta etapa.

A todos os professores do Mestrado de Economia pelo aprendizado adquirido, em especial ao professor Tiago Alves pela dedicação, paciência e pelos conselhos inesgotáveis.

Ao Rodrigo Iglesias, analista da APEX Brasil, pelos trabalhos enviados e dicas importantes. Ao Cristiano Trein, analista de infraestrutura do Ministério de Minas e Energia, pelas informações cruciais para a elaboração deste trabalho.

Aos colegas conquistados ao longo desta trajetória, em especial à minha grande amiga, Camila Orth, pelas informações e pela paciência ao me ouvir falar sobre dendê e energia solar durante dois anos inteiros.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela oportunidade de participar do projeto de pesquisa.

*“Você deve ser a mudança que  
gostaria de ver no mundo.”  
Mahatma Gandhi*

## RESUMO

O acesso à energia elétrica é um dos principais fatores que resultam no desenvolvimento socioeconômico de uma nação. Essa, por sua vez, não tem sido ofertada de forma suficiente para atender as regiões Norte e Nordeste, o que dificulta, sobremaneira, o funcionamento das principais necessidades de um cidadão, como hospitais e escolas. Apesar disso, essas regiões são dotadas de condições climáticas ideais para a plantação de dendê, no caso da região Norte, e radiação solar, no caso da região Nordeste, que as potencializam para geração de energia elétrica.

Assim, esta dissertação procura determinar a capacidade de geração de energia elétrica nestas regiões e o impacto que poderá decorrer, em termos de emprego e renda, nas mesmas. A metodologia utilizada na pesquisa foi documental, utilizando-se de pesquisa bibliográfica.

Ao final deste trabalho concluiu-se que o dendê, na região Norte, e solar, no Nordeste, poderá propiciar benefícios fiscais e econômicos significativos, contribuindo numa proporção elevada na oferta de energia elétrica das regiões. Sendo que o dendê, além de gerar emprego e renda à população, poderá suprir as necessidades energéticas dos Sistemas Isolados.

Em se tratando da energia solar, esta poderá propiciar não somente emprego e renda, mas também oportunidades de negócios já que é possível desenvolver outras atividades comerciais. Além disso, foi constatado que essa fonte de energia pode ser determinante para o abastecimento energético dos locais com baixa eletrificação, suprimindo até mesmo a demanda desses locais para o ano de 2030.

Palavras-Chave: Dendê. Energia Solar. Norte. Nordeste. Impactos Econômicos.

## **ABSTRACT**

The access to the electric power supply is an essential component for the economic and social development of a country. However its generation has not been enough in order to supply the North and Northeast regions of Brazil, which difficulty the operations of the main necessities of a citizen, like hospitals and schools. Nevertheless, these regions have ideal climatic conditions to palm oil plantation, in North region, and solar radiation, in Northeast region, to enhance the generation of electricity.

This dissertation analyses the potential of the electric power supply in the North and Northeast of Brazil and also check the socioeconomics impacts derived from them. The methodology is documental, using bibliographic research. The dissertation concludes that the palm oil, in the North region, and solar, in Northeast, could provide fiscal and economic benefits, as well as to electric power supply for these regions. The palm oil could provide not only employment and income to population, but also could supply the demand of energy required by the Isolated Systems.

Regarding the solar energy, it would provide not only employment and income, but also business opportunities to the region, since it provides possibilities to develop new commercial activities. Furthermore, this energy source could be determinant for the energy supply of places with low electrification and could supply this region in 2030.

Keywords: Palm Oil. Solar Energy. North. Northeast. Economic Impacts.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produtividade média de óleo das principais oleaginosas.....	19
Tabela 2 – Balanço energético de oleaginosas e etanol.....	22
Tabela 3 – Informações sobre produção, importação e exportação de energia elétrica entre 2001 e 2010 (em GWh) .....	42
Tabela 4 – Unidades geradoras dos Sistemas Isolados e potência .....	45
Tabela 5 – Geração de energia de acordo com os combustíveis utilizados nos Sistemas Isolados em 2010 e 2011 (em MWh) .....	45
Tabela 6 – Grau dos fatores limitantes segundo o nível de manejo.....	48
Tabela 7 – Hectares disponíveis segundo a classe de zoneamento .....	49
Tabela 8 – Quantidade de hectares de acordo com a condição das áreas.....	49
Tabela 9 – Produção potencial de palma e palmiste com plantação de 6.980.622 hectares....	50
Tabela 10 – Energia gerada conforme produtividade do dendê .....	51
Tabela 11 – Tabela resumo da área, produção de palma e palmiste em 2011 e potencial .....	51
Tabela 12 – Geração de energia e potência de acordo com a área projetada para instalação de módulos fotovoltaicos .....	54
Tabela 13 – Descrição dos cenários para a previsão de consumo de energia elétrica para 2030 .....	56
Tabela 14 – Projeção do consumo de energia elétrica para 2030 conforme cada cenário (em MWh) .....	57
Tabela 15 – Participação de cada Região de acordo com a tendência estimada .....	58
Tabela 16 – Projeção do consumo de energia para 2030 por regiões.....	58
Tabela 17 – Aumento percentual de 2010 a 2030 do consumo de energia por região .....	59
Tabela 18 – Demanda de diesel nos Sistemas Isolados em 2030 (em MWh).....	60
Tabela 19 – Demanda de energia nos domicílios da área selecionada em 2030 (em MWh) ...	60
Tabela 20 – Oferta de energia solar e dendê e demanda energética das regiões para 2030 (em MWh) .....	62
Tabela 21 – Percentual de pessoas na população total com renda inferior à linha de pobreza	63
Tabela 22 – Arrecadação do ICMS de acordo com a energia gerada.....	66
Tabela 23 – Tabela resumo de geração de energia, contribuição à demanda de 2030, empregos, renda e benefícios gerados a partir do dendê e da energia solar .....	67

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Produção de óleo de palma e palmiste entre 2003 e 2010 (em mil toneladas métricas) .....	20
Gráfico 2 – Estrutura de oferta de energia elétrica brasileira em 2010 .....	42
Gráfico 3 – Evolução do consumo de energia elétrica entre 1980 e 2010 .....	55
Gráfico 4 – Taxa média de crescimento do PIB de 2005 a 2030 conforme cada cenário.....	56
Gráfico 5 – Tendência do consumo de energia para 2030 .....	57
Gráfico 6 – Participação das regiões no consumo de energia em 2010 e 2030.....	59

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Plantação (1), flores (2) e fruto do dendê (3) .....	17
Figura 2 – Distância entre palmeiras em plantio .....	18
Figura 3 – Fruto do dendê.....	19
Figura 4 – Tipos de energia solar .....	26
Figura 5 – Sistema Conectado à Rede .....	28
Figura 6 – Sistema Fotovoltaico Isolado .....	29
Figura 7 – Sistema Híbrido.....	29
Figura 8 – Irradiação Solar Anual Média do Globo entre 1981 e 2000 (margem de erro de 10%) .....	30
Figura 9 – Radiação Solar Diária do Brasil.....	32
Figura 10 – Resumo das fases, objetivos e métodos que foram empregados na dissertação ...	38
Figura 11 – Representação simplificada da integração entre os sistemas de produção e transmissão para o suprimento do mercado consumidor.....	40
Figura 12 – Usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas .....	41
Figura 13 – Locais de melhor aproveitamento para a plantação do dendê na região Norte.....	47
Figura 14 – Características dos módulos fotovoltaicos Kyocera .....	53
Figura 15 – Região com maior nível de radiação solar e menor grau de eletrificação .....	53
Figura 16 – Quadro resumo da demanda de energia para o Brasil, regiões, diesel nos Sistemas Isolados e para os domicílios sem energia elétrica na Bahia e Piauí.....	61
Figura 17 – Etapas da produção de módulos fotovoltaicos.....	64

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 ESTUDOS SOBRE AS PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DO DENDÊ E ENERGIA SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA</b> .....	17
2.1 O DENDÊ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS.....	17
<b>2.1.1 Trabalhos sobre o tema</b> .....	22
2.2 A GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA RADIAÇÃO SOLAR E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	26
<b>2.2.1 As formas de transformação de energia solar ativa</b> .....	27
<b>2.2.2 Potencial de geração de energia elétrica a partir da radiação solar</b> .....	30
<b>2.2.3 Perspectivas relacionadas à energia solar</b> .....	32
<b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	36
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	36
3.2 ETAPAS DA PESQUISA .....	36
<b>4 A OFERTA ENERGÉTICA BRASILEIRA</b> .....	39
4.1 OFERTA ATUAL DE ENERGIA ELÉTRICA.....	39
<b>4.1.1 Sistema interligado nacional</b> .....	39
<b>4.1.2 Sistemas Isolados</b> .....	44
4.2 A OFERTA POTENCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA .....	46
<b>4.2.1 Oferta potencial de energia a partir do dendê cultivado na região Norte</b> .....	46
<b>4.2.2 Oferta potencial de energia solar no Nordeste</b> .....	51
<b>5 DEMANDA DE ENERGIA</b> .....	55
<b>6 ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO DENDÊ E SOLAR NO ATENDIMENTO À DEMANDA DE 2030 E SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS</b> .....	62
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	69
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	71

ANEXO A – Domicílios particulares permanentes, por existência de energia elétrica segundo as grandes regiões e unidades de federação (2010).....	77
ANEXO B – Domicílios permanentes sem energia elétrica.....	78
ANEXO C – Sistemas solares instalados no Brasil por potência e ano de instalados .....	79
ANEXO D – Rede Multimodal de Transportes do Brasil.....	80

## 1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento econômico e social, haja vista que ela é indispensável à imensidade de atividades econômicas, além de quesitos como saúde e educação.

O seu uso difere significativamente entre as sociedades. Nos países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, por exemplo, existe uma elite que consome energia voltada para o luxo enquanto os mais pobres, quando têm acesso à energia, a utilizam para suas necessidades básicas (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

Esta diferença também é percebida entre os países. As nações industrializadas possuem elevado consumo energético se comparado ao realizado nos países em desenvolvimento. A título de exemplificação, em 2010, o consumo de energia primária nos Estados Unidos foi de cerca de 2.285 tep<sup>1</sup>, no Japão, 500,9 tep, na Índia, 524 tep, enquanto no Brasil foi de apenas 253 tep (BP, 2012). Este dado é um forte indicador de carência energética e do quanto o país deve aumentar sua oferta para que a população brasileira possa ter o mesmo padrão de consumo dos norte-americanos.

Em termos regionais, a produção e o consumo também são altamente desiguais no Brasil. A região Norte, por exemplo, caracteriza-se basicamente por ser um sistema eletricamente isolado, isto é, não conectado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), obtendo energia a partir de geração térmica, usando óleo diesel ou óleo combustível em elevado número de pequenas unidades geradoras (ELETROBRÁS, 2011a). Essa região possui 273 Sistemas Isolados, onde 81% decorrem da geração térmica que utiliza principalmente o óleo diesel e o óleo combustível (SANTOS, 2008).

Outra região extremamente carente no Brasil é o Nordeste. Embora participe do SIN, carece de energia elétrica. Essa região é responsável por 46% dos domicílios que não possuem energia elétrica em todo o Brasil. Na Bahia, por exemplo, 146.047 domicílios não têm acesso à energia elétrica enquanto que em toda a região Sul essa quantidade é de 31.979 (IBGE, 2010). A lista completa do número de domicílios sem energia elétrica por Estado encontra-se no anexo A.

Em termos econômicos, estas duas regiões, que totalizam 63,5% da área geográfica do país, respondiam com apenas 18,55% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro em 2009 (IBGE, 2012). A falta de energia elétrica tem sido causa e consequência do baixo

---

<sup>1</sup> Tonelada Equivalente de Petróleo

desenvolvimento de ambas as regiões que sofrem também com outros problemas que dificultam, sobremaneira, seu crescimento econômico. Em termos concretos, no Norte 36,4% da população ocupada recebe até um salário mínimo, no Nordeste, 48,9% e, em contraste, no Sul do país, essa porcentagem é de apenas 18,3%. Em se tratando de analfabetismo, no Norte, 13,8% das pessoas, acima dos 25 anos, são analfabetas e no Nordeste essa porcentagem aumenta para 23,8% enquanto no Sul é de apenas 6,7% da população (PNAD, 2009).

Embora existam estas diferenças regionais e um significativo atraso no desenvolvimento econômico e social destas regiões, conjectura-se que elas possam apresentar elevadas taxas de crescimento.

Essa percepção decorre do fato de que essas duas regiões são aptas para o desenvolvimento de energias renováveis. O Norte apresenta condições edafoclimáticas<sup>2</sup> ideais para a produção do dendê, oleaginosa nativa com o qual pode ser produzido o biodiesel de dendê, que é um combustível não poluente. A palma é intensiva em mão-de-obra e seu leque de produtos possui um amplo mercado (NUNES; ALVES, 2010).

Ainda, o balanço energético, isto é, a razão entre o potencial energético derivado do produto e a energia consumida no seu processo de fabricação, do biodiesel de dendê é três vezes maior do que o da soja, produto mais utilizado para geração de biodiesel no Brasil (FURLAN JUNIOR *et. al.*, 2006). Além disto, conforme Nunes e Alves (2010), cultivando dendê somente na área desmatada do Estado do Amazonas, em 2008, seu cultivo geraria um volume de emprego para, aproximadamente, 8.628 famílias, sustentando 34.514 pessoas com uma renda de 14 milhões de reais mensais.

Desta forma, além do dendê propiciar emprego, renda e energia elétrica às comunidades, gera também impactos ambientais relevantes, pois, em primeiro lugar, pode recuperar as áreas degradadas; segundo, recupera os solos, evitando a erosão; e, em terceiro, absorve o gás carbônico emitido na atmosfera, diminuindo o efeito maléfico da queima do diesel.

Já o Nordeste possui elevada insolação<sup>3</sup>, fator relevante para a utilização de energia solar de forma mais promissora. Em 2000, o Nordeste possuía cerca de 7 a 8 horas diárias de sol e radiação solar<sup>4</sup>, em média anual, variando entre 18 a 20 MJ/m<sup>2</sup> dia (TIBA *et al.*, 2000).

A energia do sol, irradiada na superfície da terra, segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (BRASIL, 2007), pode atender 10 mil vezes mais consumo de energia do que a

---

<sup>2</sup> Condição de solo e clima

<sup>3</sup> Insolação solar é a quantidade de horas de sol disponível em determinada localidade

<sup>4</sup> Radiação solar é a energia emitida pelo sol

consumida no mundo atualmente. E o Nordeste, segundo o PNE 2030, é a região com maior radiação solar do país, comparável com as melhores regiões do mundo para captação de energia solar.

Essas argumentações permitem avaliar que a produção de energia através do dendê, no Norte, e da solar, no Nordeste, podem não somente abastecer essas regiões, gerando emprego e renda, como também ser determinantes na matriz energética brasileira. Ou seja, têm-se a possibilidade dessas regiões exportarem energia elétrica para o restante do país ou até mesmo para o mundo, já que os tipos comuns de energia (como o petróleo) estão se esgotando e as atividades econômicas têm se ampliado cada vez mais.

Logo, pode-se recompor esse arazoado com a construção do problema de pesquisa que norteia esta pesquisa, que é: **a geração de energia elétrica a partir do dendê e solar, no Norte e no Nordeste, respectivamente, poderá impactar em termos de emprego e renda nessas regiões além de serem determinantes na oferta energética do país?**

Assim, em outras palavras, o objetivo deste trabalho é testar a hipótese de que a geração de energia elétrica a partir do dendê, no Norte, e solar, no Nordeste, será capaz de impactar em termos de emprego e renda de forma significativa nessas regiões, além de serem determinantes na oferta energética brasileira.

Dessa forma, a estruturação desta dissertação, para evidenciar a pesquisa necessária, para a obtenção do objetivo traçado, compreende esta introdução, os estudos sobre o dendê e energia solar, procedimentos metodológicos, oferta de energia atual e potencial, demanda de energia, análise da geração de energia a partir do dendê e solar e seus impactos econômicos e, finalmente, a conclusão.

## 2 ESTUDOS SOBRE AS PERSPECTIVAS DE UTILIZAÇÃO DO DENDÊ E ENERGIA SOLAR PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Neste capítulo, almeja-se apresentar um breve panorama dos principais estudos que tratam da geração de energia a partir do dendê e energia solar, abordando questões como produção, eficiência e viabilidade.

### 2.1 O DENDÊ E SUAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

O dendê - *Elaeis guineensis* - é uma palmeira de origem africana, que foi introduzida no Brasil pelos escravos no século XVII. Essa palmeira pode atingir até 15 metros de altura e suas folhas até um metro de comprimento. As flores são aglomeradas em cachos e têm cor creme-amarelada e seus frutos são pequenas nozes (SEAGRI/BA, 2009). A figura 1 permite visualizar estas características. Começando da esquerda para a direita, tem-se uma plantação de dendê, após as flores em cachos e, na última, o fruto, de onde se extrai o óleo de dendê e o palmiste.

Figura 1 – Plantação (1), flores (2) e fruto do dendê (3)



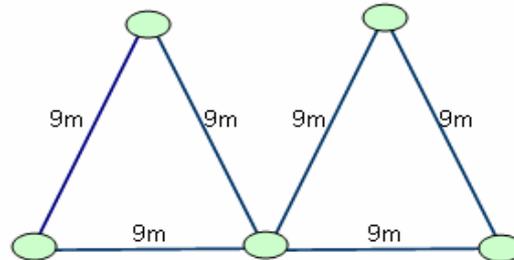
FONTE: Wainer (2008) (1); EMBRAPA / Dia de Campo na TV (2006) (2); AGROPALMA (2006) (3)

A produção do dendê é obtida a partir do 4º ano e permanece entre o 25º e o 30º ano, sendo que o período de maior produtividade está entre o 6º e o 10º ano (EMBRAPA, 2002). Resumidamente, o processo produtivo apresenta as seguintes fases:

- a) **Ano 0:** o dendezeiro permanece em viveiro por, aproximadamente, 14 a 18 meses, recebendo tratamentos, como capina manual, adubação, drenagem, irrigação e cuidados fitossanitários. Mesmo com esse cuidado, há uma perda média de 15% a 20% das mudas, sendo que, nesta fase, cada hectare suporta cerca de 18.000 mudas (SANTOS, 2008);

- b) **1º. ano:** é realizado o plantio em campo durante o período chuvoso (dezembro e janeiro), sendo que cada palmeira deve ser plantada com uma distância triangular de 9 m entre elas, como apresentado abaixo:

Figura 2 – Distância entre palmeiras em plantio



Fonte: Elaborado pela autora com base em EMBRAPA (2002)

Na figura, as elipses representam palmeiras e as linhas indicam a distância necessária que deve existir entre elas. Assim, em um hectare podem ser plantados 143 pés de dendezeiro.

- c) **2º e 3º anos:** período não produtivo em que são dedicados os tratos culturais como a poda das folhas secas e a adubação – que exige cerca de 6 kg a 10 kg de fertilizantes por ano, por planta, à base de fósforo e potássio. Destaca-se que essas atividades são realizadas manualmente e permanentemente durante toda a vida produtiva do dendê;
- d) **4º ano em diante:** destinado à colheita que se realiza durante todo ano, com concentração nos meses de outubro a janeiro. A colheita é feita, manualmente, e, para isto, o agricultor possui uma espécie de lança para desprender o cacho da palmeira.

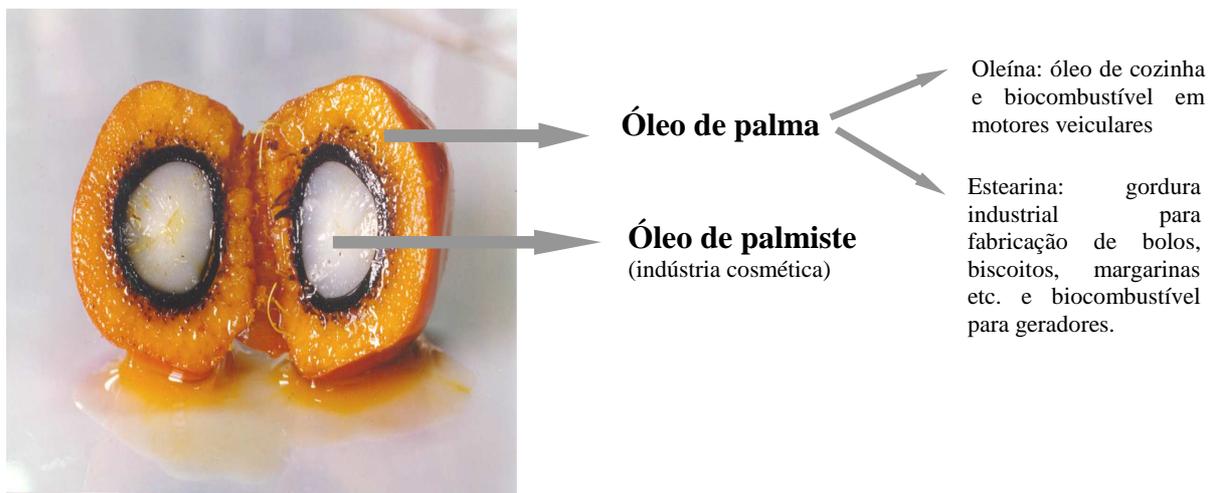
É importante ressaltar que o dendê pode ser plantado consorciado com outras culturas semiperenes, como está sendo realizado no Campo Experimental da Embrapa com a banana, abacaxi, batata doce, mandioca e maracujá.

O óleo de dendê (ou palma, como é conhecido internacionalmente) é considerado o mais versátil de todos os óleos e gorduras. Ele pode ser separado em mais dois: a *Oleína*, que é a parte líquida, que pode ser utilizada como óleo de cozinha e como biocombustível em motores veiculares; e a *Estearina* que pode ser utilizada como gordura industrial para confecção de bolos, biscoitos, bem como na fabricação de margarinas, maioneses, sabões e sabonetes e, ainda, como biocombustível em motores estacionários, ou seja, geradores elétricos.

O óleo de palmiste (óleo láurico semelhante ao óleo de babaçu e óleo de coco), por sua vez, é intensamente utilizado na indústria cosmética, assim como na indústria oleoquímica e alimentícia, em substituição à manteiga de cacau utilizada para fazer chocolate.

A figura 3 permite verificar a origem dos óleos de dendê e palmiste.

Figura 3 – Fruto do dendê



Fonte: AGROPALMA (2006)

O rendimento médio por hectare, ao ano, é de 3.500 a 5.000 kg de óleo de palma e 200 a 350 kg de óleo de palmiste. O óleo de palma é considerado o mais produtivo entre as oleaginosas, sendo, aproximadamente, oito vezes maior do que o da soja e cinco vezes maior do que do girassol, como pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1 – Produtividade média de óleo das principais oleaginosas

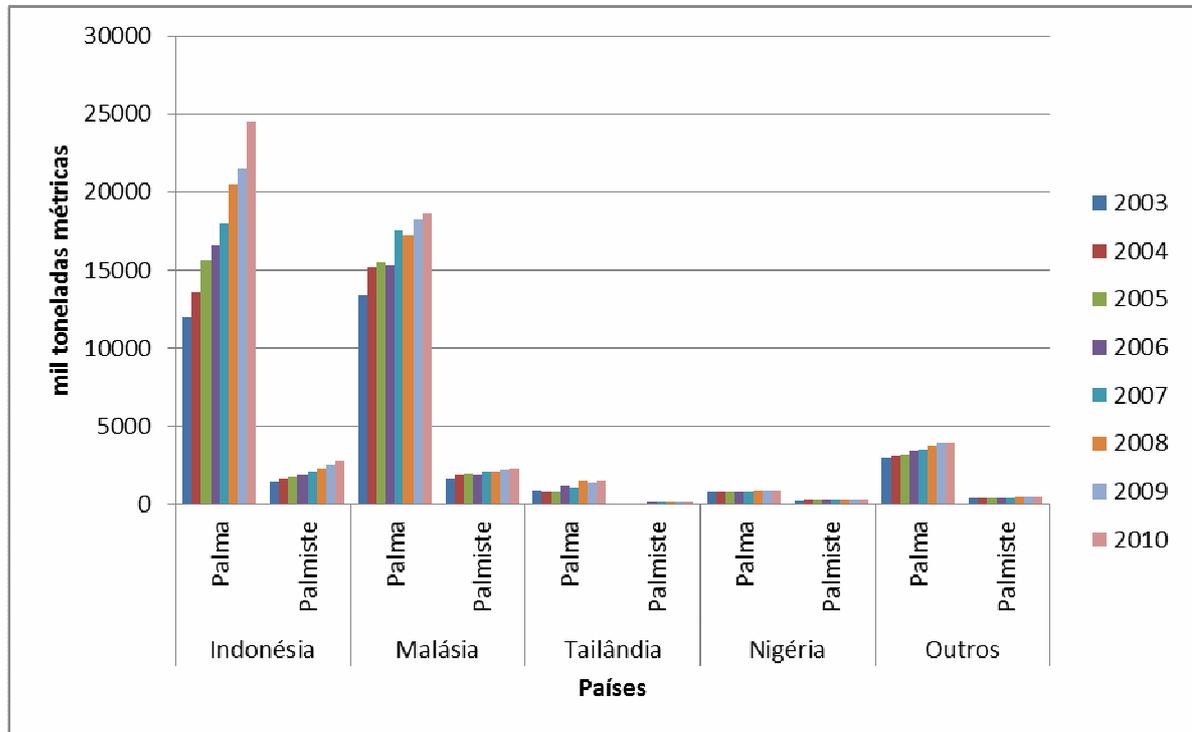
<b>Cultura</b>	<b>Nome comercial</b>	<b>Produtividade (kg de óleo/ha ano)</b>
Babaçu	Óleo de babaçu	100 a 300
Dendê (amêndoa)	Óleo de palmiste	200 a 350
Soja	Óleo de soja	400 a 600
Canola	Óleo de canola	500 a 900
Mamona	Óleo de mamona	600 a 750
Girassol	Óleo de girassol	600 a 1000
Dendê (polpa)	Óleo de palma	3.500 a 5.000

Fonte: Adaptado pela autora com base em Furlan Júnior *et al.* (2006) e Santos (2008)

Em se tratando dos países produtores, a produção do óleo de dendê e palmiste possui destaque em países como Indonésia, Malásia, Nigéria, Tailândia, entre outros menos

significativos, como pode ser observado no gráfico 1, onde constam os maiores produtores mundiais destes óleos.

Gráfico 1 – Produção de óleo de palma e palmiste entre 2003 e 2010 (em mil toneladas métricas)



Fonte: AGRIANUAL (2011), adaptado pela autora

A partir do gráfico 1, pode-se verificar que a Indonésia e a Malásia são dominantes na produção destes óleos. Vale ressaltar que a produção do óleo de palmiste é relativamente baixa em comparação com o de palma, pois o dendê gera 21% de óleo de palma e apenas 2% de óleo de palmiste – o restante são fibras, efluentes líquidos, cachos vazios e cascas. A composição percentual exata dos produtos e subprodutos por peso do cacho de fruto fresco é:

- a) óleo de palma: 21%;
- b) óleo de palmiste: 2%;
- c) torta de palmiste: 2,6%;
- d) cachos vazios: 24,6%;
- e) fibras: 11,2%;
- f) cascas: 14,58%;
- g) efluentes líquidos (ou resíduos líquidos): 23%.

A produção mundial de óleo de palma teve um aumento de 42,29% entre os anos de 2004 e 2011 e o de palmiste, de 37,64%. No caso do Brasil, esse teve destaque em sua produção: o óleo de dendê cresceu, no mesmo período, 65,62% e o óleo de palmiste, 72,22%. No entanto, sua participação na produção mundial ainda é ínfima, o país é responsável pela produção de apenas 0,54% de óleo de palma e palmiste no mundo (AGRIANUAL, 2011).

Em termos nacionais, o Pará é o maior produtor de palma, sendo responsável por quase 96% da produção nacional, sendo a Agropalma S.A. a maior produtora do Estado. Ela é um grupo agroindustrial, produtor e exportador de óleo de palma que possui 82 mil hectares de terra, sendo que, destas, 32 mil hectares são com plantações de dendê. Nelas existem 1.600 km de estradas próprias com quatro unidades de extração de óleo bruto, uma de refino de óleo de palma e de palmiste. Em 2005, a Agropalma, juntamente com a Universidade Federal do Rio de Janeiro, desenvolveu uma nova forma de geração do biodiesel de dendê, denominado PalmDiesel<sup>5</sup>, a partir dos ácidos graxos que são eliminados na fase de refino do óleo de palma (AGROPALMA, 2011). A diferença básica entre o biodiesel e o PalmDiesel é o fato de que este último não dá origem à glicerina, altamente poluente e tem o mesmo rendimento do diesel – ao contrário do biodiesel, que possui 10% menos rendimento.

A Amazônia Legal, que compreende os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima e parte dos estados Mato Grosso, Tocantins e Maranhão, é a região brasileira com maior aptidão agroclimática para a plantação de palma que, segundo Furlan Júnior *et al.* (2006), essa oleaginosa requer locais que proporcionam as seguintes características:

- a) **Pluviosidade:** chuvas acima de 2.000 mm/ano, regularmente distribuídas ao longo do ano, sem déficit hídrico. Este é um dos mais importantes parâmetros que determinarão o sucesso, ou não, da dendeicultura;
- b) **Insolação:** deve ser superior a 2.000 horas anuais, bem distribuídas ao longo do ano. Locais com insolação abaixo de 1.500 horas por ano não são recomendáveis para a plantação de dendê, já que influenciam negativamente no teor do óleo, comprometendo a qualidade do óleo vegetal;
- c) **Temperatura:** a temperatura média deve ser de 24°C a 28°C, com a mínima não podendo ser inferior a 18°C. Temperaturas baixas resultam na diminuição do ritmo de crescimento das plantas jovens e na baixa produção das adultas;
- d) **Umidade:** a exigência é que a umidade relativa esteja entre 75% e 90%;

---

<sup>5</sup> O PalmDiesel é um produto patenteado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e de uso exclusivo pela Agropalma.

- e) **Topografia:** o terreno deve ser plano ou com pequena declividade (acima de 10% de declividade começa a comprometer a rentabilidade econômica);
- f) **Solos:** adapta-se a solos ácidos e exige pH entre 4 a 6. O solo pobre, como o da Amazônia, pode ser corrigido por meio de adubação.

Tais características são encontradas com maior aptidão nos Estados do Amazonas, no norte do Amapá e nordeste do Pará, como pode ser visualizado na figura 13. A descrição do potencial das áreas disponíveis para sua plantação é descrita em detalhes no subcapítulo 4.2.1.

### 2.1.1 Pesquisas sobre o tema

O biodiesel é considerado um combustível originado de óleos vegetal ou animal, que é utilizado como substituto ao óleo diesel ou como aditivo ao óleo diesel. Seu balanço energético deve ser positivo “para a utilização racional de derivados de biomassa como combustíveis” (FURLAN JUNIOR *et al.*, 2006, p. 39).

O balanço energético, como descrito anteriormente, é a relação entre a energia consumida na produção e a energia disponível pelo combustível. Seu cálculo, para as oleaginosas, pode sofrer consideráveis alterações dependendo da forma como são realizados os procedimentos para sua obtenção. Apesar dessa variação, a palma é a cultura oleaginosa com o maior rendimento energético. Seu rendimento equivale ao da cana-de-açúcar na geração do etanol. A tabela 2 contém o balanço energético das principais oleaginosas de acordo com alguns pesquisadores.

Tabela 2 – Balanço energético de oleaginosas e etanol

Óleos	Potencial/Consumo (1)	Potencial/Consumo (2)	Potencial/Consumo (3)	Potencial/Consumo (4)
Soja	2,5	-	3,2-3,4	1,43/2-3
Girassol	-	-	-	-
Palma	9,6	8,66	-	5,6
Mamona	-	<2,0	2,1-2,9	-
Macaúba	-	-	-	4,2
Etanol	-	8,06	-	-
Diesel	-	-	0,83-0,85	-
Canola	3	-	1,2-1,9	2,3

Fonte: Furlan Junior *et al* (2006) com base em: (1) Basiron e Darus (1996); (2) Urquiaga *et al.*(2005); (3) Almeida Neto *et al.* (2004); (4) Nogueira e Macedo (2005).

Além de a palma ter o melhor desempenho em termos de balanço energético, com base nos dados descritos tabela 2, ela também é, dentre todas as oleaginosas, segundo

Menezes (1995, p.122), a “única opção para substituir o diesel sem acarretar problemas econômicos e industriais” e apresenta elevada captação de carbono, sendo, das culturas aptas para a produção de biodiesel, a de maior potencial neste sentido.

Outro aspecto interessante é que os motores a diesel podem ser supridos tanto com biodiesel de dendê como com o óleo *in natura*, que, neste caso, é necessário à adaptação do motor para o correto funcionamento. Os testes com óleo de dendê, em veículos com motores multicomcombustíveis da ELSBETT<sup>6</sup>, na Malásia, indicaram resultados positivos obtidos nos testes. Assim, o governo malaio passou a dar prioridade a projetos que visassem à produção de dendê para geração de energia elétrica. O resultado foi a construção de diversos geradores com diferentes potências (MENEZES, 1995).

Tratando sobre a questão energética brasileira, o Sistema Elétrico é composto por duas grandes zonas de fornecimento: o Sistema Interligado Nacional (SIN) e os Sistemas Isolados. O primeiro é caracterizado pela geração de energia por meio de hidrelétricas, transmissão por meio de redes de alta tensão e comercialização entre os subsistemas (SANTOS, 2008). Os Sistemas Isolados, no entanto, se caracterizam pelo grande número de pequenas unidades geradoras a óleo diesel e dificuldade de logística de abastecimento, encontrado, principalmente, na Amazônia – nos Estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Mato Grosso e Pernambuco. Tais Sistemas são distribuídos em uma área de 45% do território e a cerca de 3% da população nacional, ou seja, aproximadamente, 1,2 milhão de consumidores (ELETROBRÁS, 2011).

Devido à existência desses Sistemas, o diesel tem sido a alternativa para abastecimento dos geradores elétricos, no entanto, como afirmado por Furlan Júnior *et al.* (2004), Furlan Júnior *et al.* (2006), Menezes (1995), Nunes e Alves (2010), Santos (2008), Reis, Fernandes e Silva (2010), entre outros, o diesel torna-se excessivamente caro devido ao custo de transporte para chegar em algumas comunidades isoladas. Mesmo com a existência do gasoduto Urucu – Coari – Manaus (que atende os municípios de Coari, Codajás, Anori, Anamã, Caapiranga, Manacapuru, Iranduba e Manaus), o Programa “Luz para Todos” e a implantação futura da hidrelétrica de Belo Monte é necessário pensar em outras formas de se gerar energia para atender as demais regiões afastadas dos polos de abastecimento, não só tendo em vista a ampliação da oferta de energia, mas também como meio de geração de emprego e renda. No que se refere aos custos de prover estas áreas pelo SIN, cita-se:

---

<sup>6</sup> “A ELSBETT detém conhecimento tecnológico de motores, desde motores monocilíndricos até motores de doze cilindros para utilizações estacionárias, industriais, agrícolas, automotivas de passeio, cargas e utilitários e até aéreas” (Menezes, 1995, p. 13)

Muitas comunidades se apresentam com alto grau de isolamento e de dispersão dos possíveis consumidores, o que dificulta o prolongamento da rede existente a custos suportáveis e de forma tecnicamente adequada (Oliveira, 2004, p. 369).

Furlan Júnior *et al.* (2006) também concordam com a afirmação de Oliveira (2004), relatando que existe a necessidade de eletrificação das comunidades isoladas, pois “o atendimento (elétrico) não tem viabilidade econômica, seja pela distância da rede ou pelo custo de transporte de óleo diesel” e, ainda, segundo Oliveira (2004), a energia elétrica é indispensável para que a população tenha a chance de exercer a cidadania em sua plenitude.

Assim, uma das opções indicada por estes autores é a utilização do óleo *in natura* em substituição ao diesel. Os óleos mais indicados para essa finalidade são os que contêm baixo índice de iodo, como é o caso do óleo de palma, palmiste e coco (copra). No caso da Amazônia, a cultura de maior potencial na região é a palma, uma vez que a sua utilização, nas comunidades isoladas, deve gerar desenvolvimento socioeconômico já que o custo de transporte do óleo diesel inviabiliza qualquer atividade econômica tradicional (Furlan Júnior *et al.*, 2004, p. 2).

Dentre os benefícios decorrentes da produção do dendê, segundo Parente (2003), têm-se questões relacionadas à saúde humana, à produtividade, à baixa exigência de mecanização, ao reduzido emprego de defensivos agrícolas e à versatilidade – pois dá origem a, aproximadamente, 145 produtos industrializados.

Embora todos estes elementos ressaltados por Parente (2003) sejam relevantes, destaca-se aqui a questão dos defensivos agrícolas. A soja, que é a oleaginosa de maior emprego para a produção de biodiesel no Brasil, necessita de elevada carga de agrotóxicos que prejudica o meio ambiente, gerando problemas de saúde aos produtores e consumidores. Para dimensionar esta questão, o Brasil, atualmente, é o maior consumidor mundial de agrotóxico e a soja tem sido responsável por mais de 50% desta demanda no país (FANCHIN, 2009).

Acrescentando os benefícios que o dendê gera, citados por Parente (2003), Furlan Júnior *et al.* (2006), os autores citam o fato de que as propriedades físico-químicas são similares às do óleo diesel e, ainda, é possível produzir durante todo o ano.

Dentre os benefícios ambientais que essa cultura gera, Villela (2009) aborda questões importantes sobre a produção do biodiesel de dendê nas áreas degradadas da Amazônia, como forma de reduzir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE). O autor, utilizando a metodologia Crammer – que tem por objetivo avaliar aspectos econômicos, sociais,

ambientais e emissões do GEE – na cadeia de biocombustível na avaliação do dendê na Amazônia, concluiu que a cultura do dendê é uma alternativa para o reflorestamento e recuperação destas áreas degradadas, além de ser capaz de beneficiar a população rural que vive próxima a esses locais. Citando-o neste sentido:

Essas áreas podem, em sua maioria, ser reflorestadas com a cultura do dendê, convertendo-se, assim, em sistemas perenes, produtivos e altamente valorizados. Tais sistemas podem absorver grande parte da mão-de-obra rural presente nestas áreas, hoje empenhada em agricultura itinerante, de extração ilegal de madeira, atividades de baixa produtividade, baixos benefícios sociais e considerável poder de destruição da floresta amazônica (VILLELA, 2009, p. 3).

Assim, segundo o autor, quando a palma é cultivada em áreas degradadas da Amazônia, essa possui elevado potencial de mitigação nas emissões de GEE, sendo capaz de absorver os gases emitidos na atmosfera. Além disso, Furlan Júnior *et. al.* (2006) acrescentam que cada hectare de dendê, com 15 anos de idade, é capaz de absorver 13 toneladas de carbono por ano. Nunes e Alves (2010) ainda ressaltam que a cultura do dendê é capaz de restaurar as áreas degradadas e recuperar o solo, evitando a erosão.

No que se refere aos impactos econômicos e sociais, Santos (2008) conclui que, para uma usina de biodiesel com capacidade de 50.000 ton/ano, duas alternativas são viáveis para a substituição do diesel nos sistemas isolados da Amazônia, são eles: venda dos cachos, beneficiamento e produção de biodiesel, transporte; e plantio, esmagamento, produção de biodiesel (por uma única empresa) e transporte de biodiesel (verticalização total).

O potencial de geração e emprego decorrente da produção de dendê é extremamente relevante. Considerando-se especialmente a região Amazônica, segundo Nunes e Alves (2010), se fosse cultivado dendê apenas nas áreas degradadas do Estado do Amazonas, em 2008, ter-se-ia a geração de 34.514 empregos e uma renda total de R\$ 14 milhões mensais. Em termos mais específicos, a cada três hectares de dendê a renda gerada varia entre R\$ 700,00 e R\$1.000,00 e a cada 7 hectares gera-se 4 empregos – para Furlan Júnior *et. al.* (2006) a cada 10 hectares gera-se 5 empregos.

Ainda segundo Nunes e Alves (2010) e também de acordo com Furlan Júnior *et. al.* (2004) é possível gerar desenvolvimento econômico, já que a energia elétrica poderia viabilizar o funcionamento de escola, hospitais, cursos técnicos, comércio em geral, etc.

No que se refere aos aspectos tecnológicos da produção agrícola e da industrialização do biodiesel de dendê na Amazônia, a Embrapa Amazônia Ocidental realiza pesquisas na área para melhoramento genético e manejo cultural em uma estação com 400 hectares de dendê. O

Instituto Militar de Engenharia (IME), por sua vez, instalou uma estação experimental no Rio Urubu, com uma unidade industrial piloto, para produzir 1.500 litros de biodiesel por batelada. Dessa forma, tais experiências têm “possibilitado a ampliação de dados de eficiência de processo, de rotas e o teste de catalisadores distintos” (SOARES, 2008, p.157).

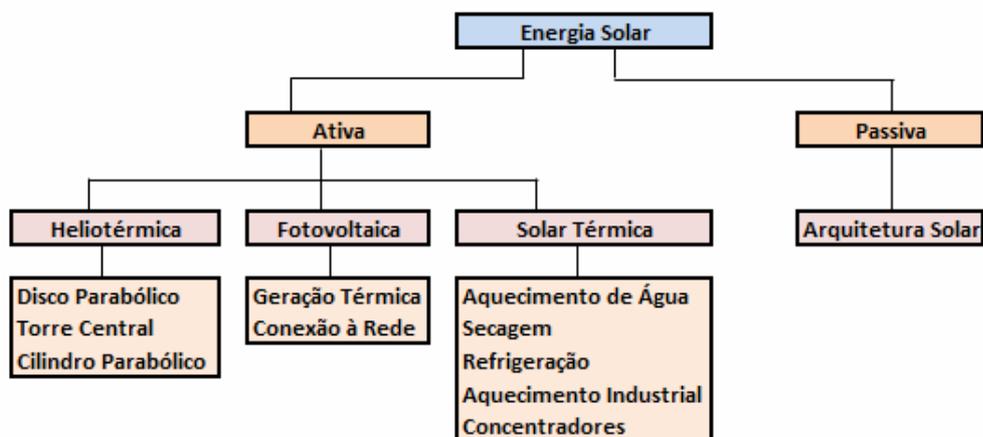
Em resumo, pelas análises dos autores mencionados nesta seção, há uma convergência na indicação de que da cultura do dendê, na Amazônia, é extremamente relevante do ponto de vista econômico e social, além desta oleaginosa ser a mais promissora tanto no que se refere ao seu balanço energético, como no que se refere aos impactos sociais e ambientais.

Em se tratando da energia a partir da radiação solar, segue o subcapítulo a seguir o qual foi elaborado com o intuito de abordar os principais artigos e trabalhos que tratam sobre o tema.

## 2.2 A GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DA RADIAÇÃO SOLAR E SUAS CARACTERÍSTICAS

A energia gerada a partir do sol pode ser classificada de diversas formas, como abordado por Philibert (2005). Primeiramente, ela pode ser qualificada como energia passiva ou ativa. A passiva trata da utilização do sol para iluminação e aquecimento de forma **passiva** nas edificações, já a **ativa** está relacionada à captação dos raios solares por meio de algum instrumento (por exemplo, coletores ou concentradores solares) para transformá-la em energia. Em se tratando da energia ativa, esta, ainda, pode ser classificada como Heliotérmica, Fotovoltaica e Solar Térmica. Estas possibilidades podem ser visualizadas na Figura 4.

Figura 4 – Tipos de energia solar



FONTE: Adaptado de Pereira *et al.* (2004) apud Brasil (2007)

A energia solar ativa, conforme observado na figura, possui três formas que são explicitadas na subseção que segue.

### **2.2.1 As formas de transformação de energia solar ativa**

Esta seção é dedicada a explicar as formas de transformação da energia solar ativa em energia elétrica. Este tipo de energia, como visualizado na figura 4, pode ser dividido em três, são elas:

#### **i. Energia Heliotérmica**

A energia heliotérmica coleta a irradiação solar, converte em calor, transporta, armazena e, finalmente, converte em eletricidade. Os coletores são formados por refletores ou lentes com um sistema de rastreamento em um receptor, transformando, assim, a energia solar em eletricidade (BRASIL, 2007). Este processo exige locais com alta incidência de irradiação solar direta, com poucas nuvens, e baixos índices pluviométricos, características que são encontradas no Nordeste brasileiro. No entanto, não existe nenhum projeto desta natureza no país, senão apenas alguns estudos do Ministério de Minas e Energia. Crê-se que os custos associados a este processo sejam os responsáveis pelo desinteresse dos investidores.

#### **ii. Energia Fotovoltaica**

A energia fotovoltaica origina-se a partir de células fotovoltaicas formadas por semicondutores, que podem ser de diversos tipos como, por exemplo:

- silício cristalino (c-Si);
- silício amorfo hidrogenado (a-Si:H);
- silício do tipo heterojunção com filmes intrínsecos (Si do tipo HIT);
- telureto de cádmio (CdTe);
- compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio (CIS).

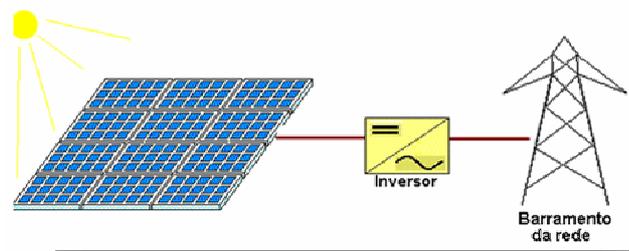
Os semicondutores c-Si são os mais tradicionais entre as tecnologias utilizadas em solo. Estes possuem maior eficiência de conversão fotovoltaica – de aproximadamente 15%, enquanto as demais oscilam em torno de 8%. Além disso, os semicondutores c-Si são os mais produzidos devido à “robustez e confiabilidade” (CÂMARA, 2011).

A energia solar fotovoltaica pode ser utilizada diretamente ou pode ser armazenada em baterias para utilização posterior. E, ainda, é possível gerar eletricidade em dias nublados (ao contrário da heliotérmica) (BRASIL, 2007).

O Sistema Fotovoltaico pode ainda ser subdividido em três formas. São eles:

- ii. a) Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede:** é o tipo mais utilizado em países desenvolvidos e é o único a permitir que o excesso de energia gerado seja vendido para a concessionária. Nesse sistema, é utilizado um inversor que faz a interface com a rede elétrica. “Tais inversores devem atender às exigências de qualidade e segurança para que a rede não seja afetada” (CRESESB, 2011). A Figura 5 permite visualizar o esquema de funcionamento do sistema conectado à rede.

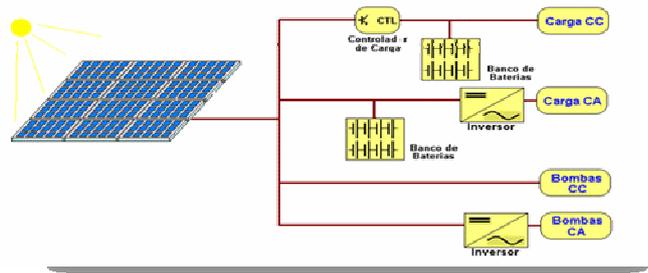
Figura 5 – Sistema Conectado à Rede



Fonte: CRESESB (2011)

- ii. b) Sistemas Fotovoltaicos Isolados:** é o tipo de sistema utilizado em locais de difícil acesso à rede elétrica, principalmente em áreas rurais. O Sistema Fotovoltaico Isolado serve tanto para suprir um estabelecimento com energia elétrica como para o bombeamento de água. Dessa forma, para o caso da utilização da energia em aparelhos de baixa tensão e de corrente contínua (CC), é necessário um controlador de carga para que não ocorram danos na bateria por descarga ou sobrecarga. Já para equipamento de corrente alternada (CA) é necessário um inversor. Assim, a energia pode ser distribuída diretamente para a residência ou, ainda, para mini redes elétricas. No Brasil, esse Sistema está sendo utilizado no programa “Luz para Todos”, com vistas a abastecer áreas rurais com energia elétrica. A figura 6 permite visualizar o esquema de um sistema fotovoltaico isolado.

Figura 6 – Sistema Fotovoltaico Isolado



Fonte: CRESESB (2011)

- ii. c) **Sistemas Híbridos:** utilização da energia solar com outras formas de energia, como diesel ou eólica. O funcionamento desse Sistema, no entanto, torna-se complexo devido à necessidade de controlar os diversos tipos de energia em um único Sistema. Na figura 7, tem-se o modelo de um sistema híbrido.

Figura 7 – Sistema Híbrido



Fonte: CRESESB (2011)

### iii. Solar Térmica

Com relação à solar térmica, esta é utilizada, principalmente, para aquecimento de água. Nesta forma de captação são utilizados coletores ou concentradores solares. O coletor solar normalmente é instalado no telhado das residências, comércio ou indústria. Como a densidade da energia solar sobre a superfície é baixa, é necessário a instalação de vários coletores. A título de exemplificação, “para o suprimento de água quente de uma residência típica (três ou quatro moradores), são necessários cerca de 4 m<sup>2</sup> de coletor” (ANEEL, 2005, p. 33). Os concentradores solares captam a radiação e a concentram em uma superfície menor com o intuito de aumentar a temperatura. Estes têm formato parabólico e possuem no centro um material que é aquecido, evaporado e que, conseqüentemente, gera energia (ANEEL, 2005).

Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a

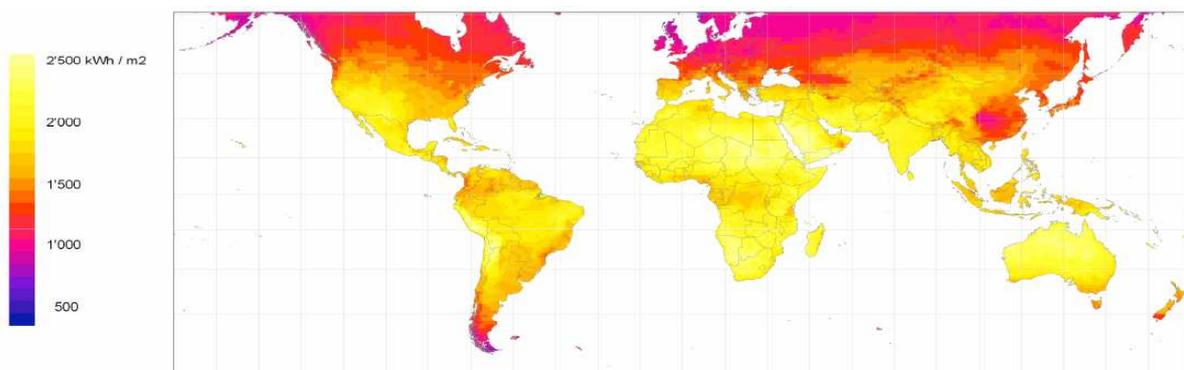
aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor (ANEEL, 2005, p.29).

Dada às características produtivas de cada forma de captação de energia solar, é necessário obter informações sobre radiação dos locais onde serão instalados os módulos para que esta captação seja eficiente. Assim, o subcapítulo que segue apresenta o potencial de geração a partir da radiação solar.

### 2.2.2 Potencial de geração de energia elétrica a partir da radiação solar

Para que a captação da energia seja altamente eficiente, é necessário que o local da captação seja dotado de alta radiação e do maior número de horas disponíveis de energia solar. Os locais de maior incidência solar são as regiões mais distantes dos polos, onde se destacam África, Oriente Médio, Austrália, América do Sul e, na América do Norte, apenas os Estados Unidos. Para melhor visualização, apresenta-se a figura 8 onde podem ser visualizados os locais com maior e menor incidência solar (os locais mais claros são os de maior incidência).

Figura 8 – Irradiação Solar Anual Média do Globo entre 1981 e 2000 (margem de erro de 10%)



Fonte: APEX Brasil (2011)

Apesar da Alemanha ser um país com pouca incidência de energia solar, como visto na figura anterior, ela é líder na utilização de energia solar para abastecimento das residências, que corresponde a 3% da oferta total de energia no país. Em 2007, o governo alemão implementou um programa de integração de energia e ambiente que compreende diversos propósitos como eficiência energética e o uso de energias renováveis no setor de eletricidade e transporte. Com isso, a previsão, para 2020, é de que o setor elétrico seja suprido com 20% do total por energias renováveis (WISSING, 2008).

Do ponto de vista econômico, a energia solar fotovoltaica, segundo Wissing (2008), tem se desenvolvido de forma impressionante, tornando-se “um negócio real com emprego visível e com volume de negócios significativo”. Apenas a título de exemplificação, das 20 maiores usinas de energia solar, 14 pertencem à Alemanha, 3 à Espanha, 2 à Suíça e apenas 1 à Holanda.

É interessante observar que Portugal se encontra em um dos melhores locais para a captação de energia solar na Europa, mas a participação da energia solar é de apenas 0,72% entre todas as energias renováveis utilizadas no país. Segundo Virgilio (2009), isso se deve ao fato de que o principal fator para a utilização de energia solar não está ligado à maior captação de insolação solar, mas, sim, ao desenvolvimento de políticas públicas.

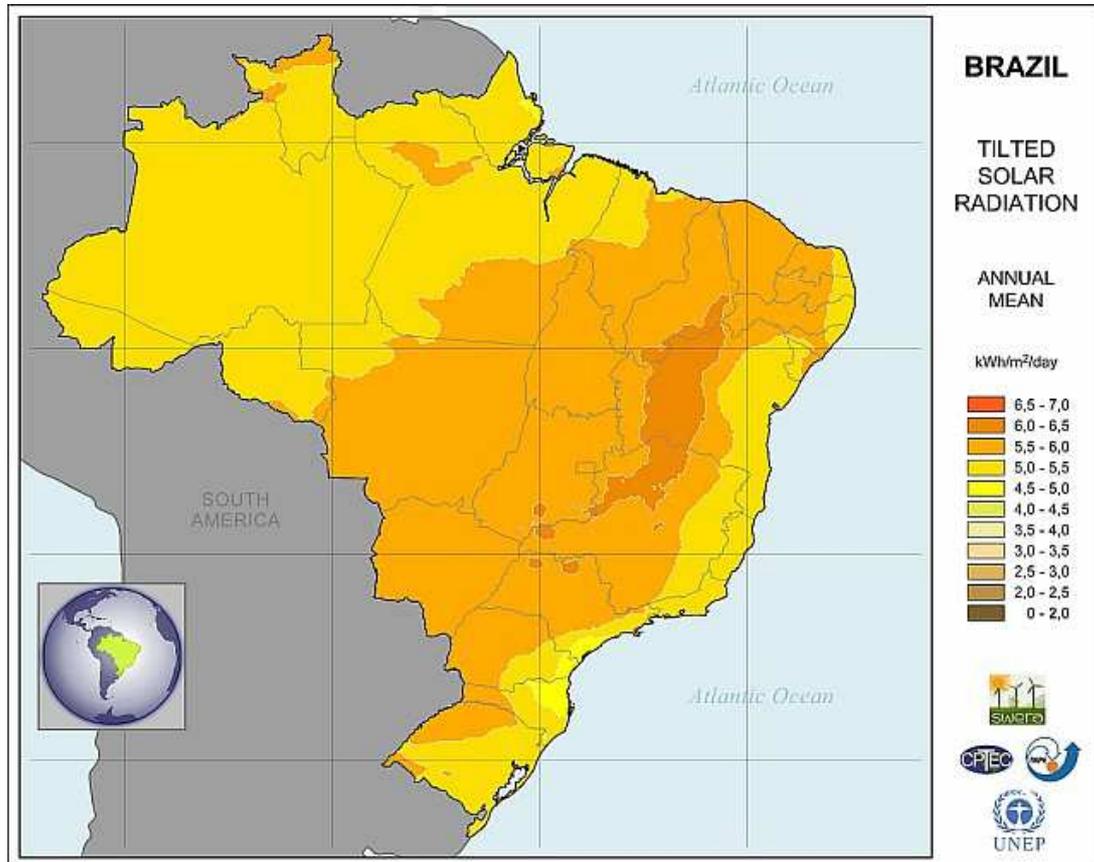
Contudo, a África, em especial o Norte do continente, possui um dos maiores índices de radiação solar, como observado na figura 8. Nesta área está em fase de desenvolvimento um projeto denominado Desertec. Este projeto visa à criação do maior projeto de captação de energia solar do mundo, que se localizará no deserto do Saara e terá capacidade de 100 GW para abastecer a Europa, Norte da África e o Oriente Médio. Serão 6.000 km<sup>2</sup> de redes de distribuição e usinas e 2.000 km de cabos que atravessarão o Mar Mediterrâneo. A previsão para conclusão do Desertec é final de 2050 (JOSEFIAKI, 2010).

A geração de energia solar, no mundo, cresceu consideravelmente nos últimos anos. Apenas a título de exemplificação, em 2010, a geração de energia solar no mundo foi de aproximadamente 24 mil GWh enquanto que em 2000 essa geração foi de 1,49 mil GWh, sendo que a Alemanha e a Espanha foram as responsáveis por 60% da geração de energia solar no mundo, em 2010 (APEX Brasil, 2011).

No Brasil, com base na figura 9, o melhor local para a captação de energia solar é no Nordeste, especificamente nos Estados do Piauí e Bahia, além do Estado de Minas Gerais. Porém, vale ressaltar que grande parte do território brasileiro possui aptidão climática para a produção de energia solar.

Essa aptidão climática motivou a construção da primeira usina fotovoltaica comercial do país, pertencente à empresa MPX, localizada na cidade de Tauá, no Ceará. Essa usina possui capacidade instalada inicial de 1 MW, com futura expansão já aprovada pela Aneel de 5 MW, mas com planos de chegar a 50 MW. Nessa usina, foram implantados 4.680 painéis solares policristalinos, fornecidos pela empresa Kyocera, que estão conectados à rede elétrica da Coelce – distribuidora de energia do Ceará (ENERGIA HOJE, 2011).

Figura 9 – Radiação Solar Diária do Brasil



Fonte: SWERA (2012)

Com isso, pode-se afirmar que a energia solar, embora não seja predominante na matriz energética mundial, está se ampliando cada vez mais, principalmente, na Europa. Tendo como experiência a Europa, o Brasil, em 2011, inicia a produção de energia elétrica a partir da energia solar de forma comercial, com a construção da primeira usina fotovoltaica. Além disso, o Brasil está em uma região privilegiada em termos de radiação solar, dispondo, desta forma, de uma fonte inesgotável, limpa e promissora em termos de futuro na matriz energética mundial.

### 2.2.3 Perspectivas relacionadas à energia solar

A energia solar fotovoltaica é considerada como uma das energias renováveis mais promissoras, já que transforma, de forma direta, a energia do sol em energia elétrica, não emite poluente e pode ser armazenada em baterias, no entanto essa tecnologia não é amplamente utilizada já que existem outras fontes de energia com menor custo. Por esse

motivo, a energia fotovoltaica é normalmente utilizada em locais de difícil acesso “*where utility lines or other conventional means of furnishing energy may be prohibitively expensive*” (DICKISON; CHEREMISIOFF, 1980, p. 313).

No entanto, segundo Glabler (2004), ainda existem milhões de pessoas sem acesso à energia e à telecomunicação nas áreas rurais no mundo, características que são essenciais para o desenvolvimento das sociedades rurais:

*Light and telecommunication have long been recognized as a necessary condition for the development of rural societies – and if the electricity lines do not reach the hills and valleys of the remote countryside in Asia, Africa and Latin America, photovoltaic generators will* (GABLER, 2004, p. 1).

Segundo o autor, se essas pessoas – de baixa renda e das áreas rurais – estivessem conectadas à rede elétrica, elas consumiriam: 0,27 kWh/dia de eletricidade no Senegal; 0,23 a 0,35 kWh/dia no Vietnã; 0,5 kWh/dia na Indonésia; e, 0,33 kWh/dia a 0,47 kWh/dia no Brasil (GABLER, 2004).

No Brasil, o Nordeste é uma das regiões brasileiras onde a falta de energia elétrica impede seu desenvolvimento econômico e social. Segundo Schmid (2004), a energia, a comunicação e a informação são necessárias para a geração de desenvolvimento econômico e social principalmente nas regiões rurais dos países em desenvolvimento.

De acordo com Giampietro e Racy (2003), o Nordeste é considerado como uma região atrasada e com difícil acesso à energia elétrica, como destacado no texto a seguir:

São regiões atrasadas, nas quais as grandes distribuidoras de energia elétrica não estão dispostas a comprometer altos orçamentos ou investimentos para levar energia elétrica a essas populações. É uma energia economicamente inviável, pois está centralizada, isto é, as usinas fornecedoras encontram-se em determinadas regiões, onde o acesso à energia acontece por meio de redes de iluminação, como postes e redes de transmissão. Esses materiais, no entanto, inviabilizariam os investimentos em áreas longínquas de áreas rurais nordestinas (GIAMPIETRO; RACY, 2003, p. 212).

Villar (2003) tem a mesma percepção de Giampietro e Racy (2003) e ainda ressalta que os sistemas fotovoltaicos autônomos são uma opção para disponibilizar energia para a população que vive nas zonas mais carentes. Segundo o autor, o uso desses sistemas para regiões isoladas “*permite aprovechar algunas de sus características más ventajosas, como es la disponibilidad de una fuente de energía libre y gratuita en el mismo lugar del consumo, la flexibilidad y modularidad de las instalaciones y la amplia autonomía que estos sistemas proporcionan*” (VILLAR, 2003, p.3).

Devido à ausência de energia, a população nordestina, geralmente, utiliza o candeeiro a querosene como forma de iluminar suas residências durante o período noturno. Tendo isso em vista, os autores fazem uma comparação econômica entre o uso da ‘energia de chamas’ (candeeiro com querosene ou óleo diesel para iluminação) e a energia solar fotovoltaica. Nos resultados encontrados, pode-se afirmar que a utilização da ‘energia de chamas’ possui custo mensal relativamente menor do que a energia fotovoltaica. No entanto, existem fatores da ‘energia em chamas’ que não foram considerados em seu cálculo como, por exemplo: a qualidade da iluminação, problemas de saúde aos usuários, além da impossibilidade da utilização de equipamentos elétricos. Assim, como afirmado pelo próprio autor, essas características se destacam, fazendo com que a energia fotovoltaica seja a melhor alternativa, o que resultaria no desenvolvimento das sociedades rurais.

Porém, a instalação dos módulos fotovoltaicos não é suficiente para o seu correto funcionamento. É necessária a elaboração de um projeto detalhado para a sua instalação nas regiões rurais, pois existem alguns sistemas comuns de energia que permitem um fornecimento além da demanda ou de aplicação ineficiente que acaba por ser custeado pelo comprador; sendo assim, o usuário descobrirá as falhas do projeto somente após sua implantação quando descobrirá que o investimento realizado foi extremamente elevado em comparação à sua necessidade ou que o sistema não funciona corretamente (ANHALT, [2007?]). Villers (2004) acrescenta a essa questão a importância da comunicação entre os autores principalmente no que concerne aos interesses individuais e à falta de transparência. *“The success of such projects is easily affected by communication problems between them due to divergent individual interests or lack of transparency”* (VILLERS, 2004, p. 7).

Outro problema que pode ocorrer na implantação desses sistemas é a forma de como esses módulos fotovoltaicos serão disponibilizadas à população. Segundo Villar (2003), quando esse sistema é doado por completo, ou seja, quando as famílias não têm custo algum com sua aquisição, a falta de esforço na aquisição dificulta a integração que pode resultar na falta de manutenção necessária a esses equipamentos. Uma opção para esse problema seria uma contribuição dos usuários para a compra do equipamento e mão-de-obra para instalação e manutenção. Outra possibilidade abordada pelo autor é o pagamento de uma cota pelo serviço por parte dos usuários dessa energia. Assim, o proprietário da instalação não seria o usuário, mas, sim, a empresa de energia. Essa última opção já é adotada na Argentina por meio do “Programa de Abastecimiento Eléctrico de la Población Rural Dispersa” (PAEPRA), em que existe a opção de pagamento da cota e o subsídio:

La proporción entre la parte que pagan los usuarios y la parte subvencionada depende del tamaño del sistema. Así, la subvención es mayor para sistemas de menor tamaño, con el objetivo de asegurar un amplio alcance de la electrificación básica. Es, por tanto, un sistema equilibrado entre la subvención del sector público y la contribución de los beneficiarios, con una participación clave de la empresa privada (VILLAR, 2003, p. 6).

Villers (2004), por sua vez, ressalta que o subsídio, nos países em desenvolvimento, é visto como uma ferramenta financeira essencial para as áreas rurais mais pobres desses países, no entanto “*subsidy level usually generates a intensive debate between implementing actors and donors*” (VILLERS, 2004, p. 8).

Além disso, os usuários precisam de um determinado tempo para se adaptar à nova tecnologia. Mesmo tendo instruções de técnicos e acesso aos manuais, a população enfrenta certa dificuldade ao lidar com essa tecnologia (ANHALT, [2007?]).

Com relação ao custo, em comparação com a energia elétrica proveniente da rede, segundo Anhalt ([2007?]), é extremamente complexo fazer essa comparação de forma generalizada ou até mesmo de encontrar uma fórmula única para este cálculo; sendo assim, é necessário fazer “profundas análises econômicas da estrutura da concessionária e social do usuário”. O autor apresenta um exemplo do interior da Bahia, onde foi realizado um estudo para 9 mil ligações na área rural. Para um período de 25 anos, o custo do sistema fotovoltaico seria 4 vezes menor do que a rede comum, levando em consideração os parâmetros econômicos de depreciação, manutenção e operação. No entanto, isso não pode ser generalizado para as demais instalações. “Cada instalação, seja de muitos equipamentos iguais de uma concessionária ou de um produtor independente, ou ainda de aplicações privadas, deve ser rigorosamente analisada e todos os custos avaliados” (ANHALT, [2007?], p. 11).

Assim, ao final deste capítulo, pode-se concluir que o dendê é uma oleaginosa de alto potencial energético além de ser uma cultura adaptável à região Amazônica. Em outras palavras, o dendê pode ser uma alternativa para o suprimento dos geradores movidos a diesel das Comunidades Isoladas e do sistema térmico dos Sistemas Isolados.

A energia solar também é considerada como uma alternativa viável de energia renovável e de potencial energético para algumas localidades da região Nordeste, como já mencionado – Bahia e Piauí – e pode ser determinante no suprimento de energia elétrica para a região.

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo contém a classificação da pesquisa e os passos utilizados no intuito de atingir os objetivos propostos. Assim, inicia-se com a classificação da pesquisa e, depois, abordam-se suas etapas.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta pesquisa se classifica como aplicada quanto a sua natureza, pois tem como objetivo resultados práticos, isto é, pretende-se que seus resultados possam ter impactos práticos nas decisões de políticas públicas de investimentos em energia no Brasil, no que se refere às regiões Norte e Nordeste.

Quanto aos objetivos, a pesquisa é explicativa, pois se pretende explicar a potencialidade da geração de energia e os impactos desta, caso implementada, a partir da explicação de fatores condicionantes da produção e utilização de fontes de energia alternativa.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa é documental e quanto à abordagem do problema ela é quantitativa, pois pretende-se quantificar elementos de potencialidade energética.

#### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para atingir o objetivo proposto para a dissertação, a pesquisa foi estruturada em três etapas. A primeira tratou da oferta energética a partir do dendê e solar. A segunda dedicou-se à determinação da demanda e sua projeção para 2030. A terceira etapa analisou a contribuição da geração de energia a partir do dendê e solar no atendimento à demanda de 2030 e os impactos econômicos. As subseções que seguem explicitam cada uma destas etapas.

**1ª Etapa – Oferta Energética:** nesta etapa buscou-se determinar produção e distribuição de energia elétrica no Brasil, bem como a oferta energética atual e potencial da produção de dendê, na Região Norte, e solar, no Nordeste; sendo assim, primeiramente, foi examinada a oferta de energia elétrica através da Matriz de Energia Elétrica.

Para a estimação da oferta de energia futura, proveniente do dendê, utilizaram-se informações da área disponível para plantação do dendê segundo Filho e Motta (2010) e, assim, calculou-se a geração de energia com base nas informações do CENBIO.

No caso da energia solar, mapearam-se as áreas propícias em termos climáticos e de menor índice de eletrificação, e, então, fez-se o uso do programa Sunny Design para o cálculo de energia solar nas áreas mapeadas.

**2ª Etapa – Demanda Energética:** para a demanda energética utilizou-se informações do Plano Nacional de Energia (PNE) que foi elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), visando garantir o suprimento adequado de energia e evitar os racionamentos:

As mudanças implementadas no setor elétrico, ao longo da última década, trouxeram importantes alterações institucionais, orientadas por uma perspectiva de auto-regulação pelo mercado, que acabou por se mostrar frágil e ineficiente, como ficou exposto no racionamento de energia elétrica ocorrido entre 2001 e 2002. Desde então, tornou-se evidente e inadiável a necessidade de um novo ordenamento setorial para fazer frente aos entraves e inadequações que colocavam em risco o suprimento às demandas presentes e as expansões para garantir atendimento às projeções futuras (BRASIL, 2007, p. 21).

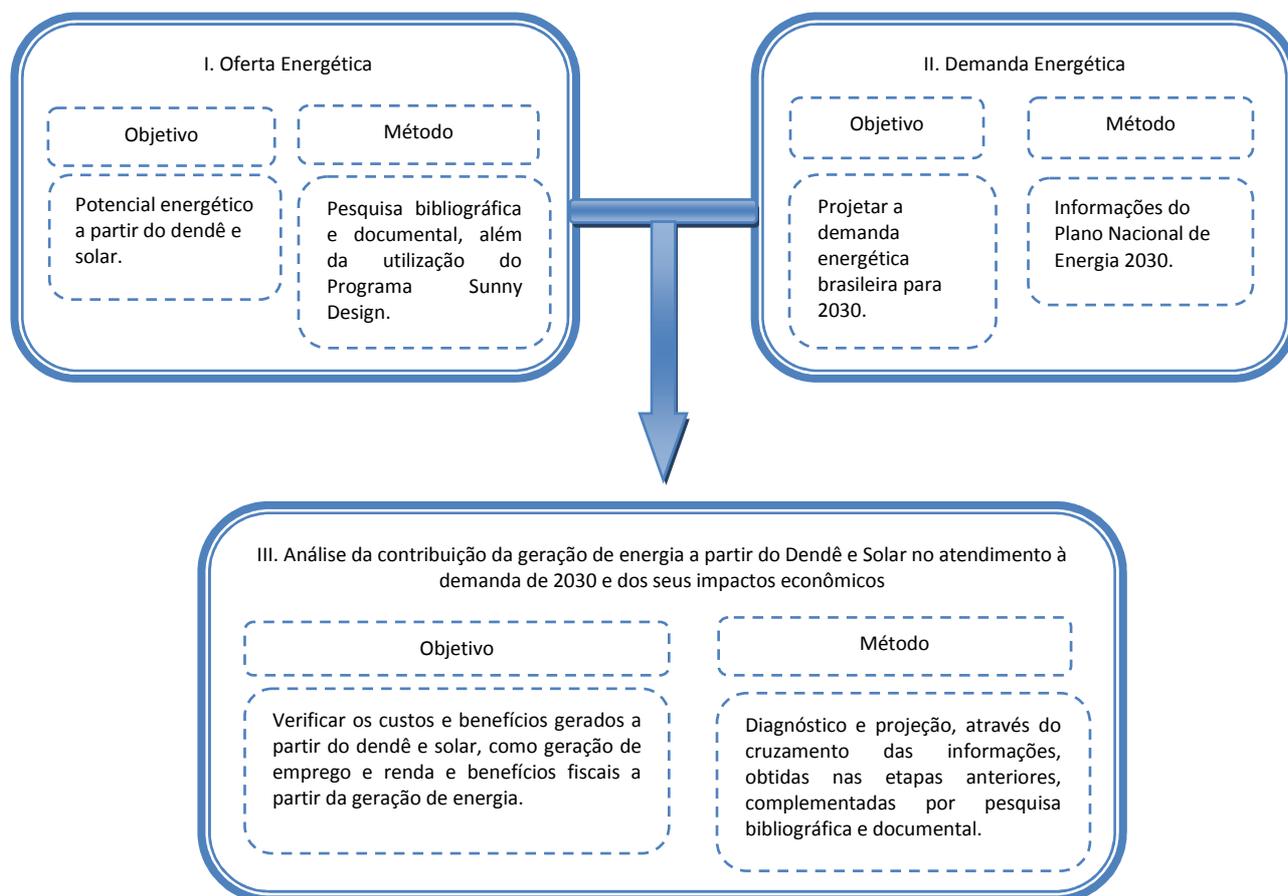
Dessa forma, os estudos do PNE tiveram início em janeiro de 2006. Durante os meses seguintes, foram realizadas reuniões temáticas com técnicos e profissionais que permitiram a elaboração de notas técnicas, o que resultou na apresentação de alguns seminários. No ano de 2008, os cadernos temáticos completos sobre a oferta e demanda de energia para 2030 foram concluídos e publicados no site da EPE.

Sendo assim, o PNE levou em consideração os cenários macroeconômicos (mundial e nacional), o crescimento populacional e o contexto energético, como os preços de petróleo, gás natural e questões ambientais (BRASIL, 2007).

**3ª Etapa – Análise da contribuição da geração de energia a partir do Dendê e Solar no atendimento à demanda de 2030 e dos seus impactos econômicos:** os retornos econômicos são definidos aqui como o potencial de valor adicionado pelas atividades de geração de energia nas regiões Norte e Nordeste; os benefícios fiscais; e o efeito sobre o emprego e renda locais.

Para uma visualização geral das fases descritas, a figura 10 apresenta um resumo sobre as fases, objetivos e método:

Figura 10 – Resumo das fases, objetivos e métodos que foram empregados na dissertação



Fonte: Elaborado pela autora

## **4 A OFERTA ENERGÉTICA BRASILEIRA**

Como já mencionado, o sistema elétrico brasileiro é composto por duas grandes zonas de fornecimento: o Sistema Interligado Nacional (SIN) e os Sistemas Isolados. O SIN atende as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Já os Sistemas Isolados estão localizados, em sua maioria, na região Norte, principalmente no Estado do Amazonas. Segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2011), “3,4% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos Sistemas Isolados, localizados, principalmente, na região Amazônica”, sendo distribuídos em 45% do território brasileiro, evidenciando uma carência energética significativa nestas localidades. Assim, este capítulo busca estabelecer a relação de produção de energia elétrica atual e potencial. A apresentação dos resultados está dividida em dois capítulos: o primeiro refere-se à oferta atual do SIN e dos Sistemas Isolados, e o segundo enfoca a oferta potencial de energia a partir do dendê no Norte e solar no Nordeste.

### **4.1 OFERTA ATUAL DE ENERGIA ELÉTRICA**

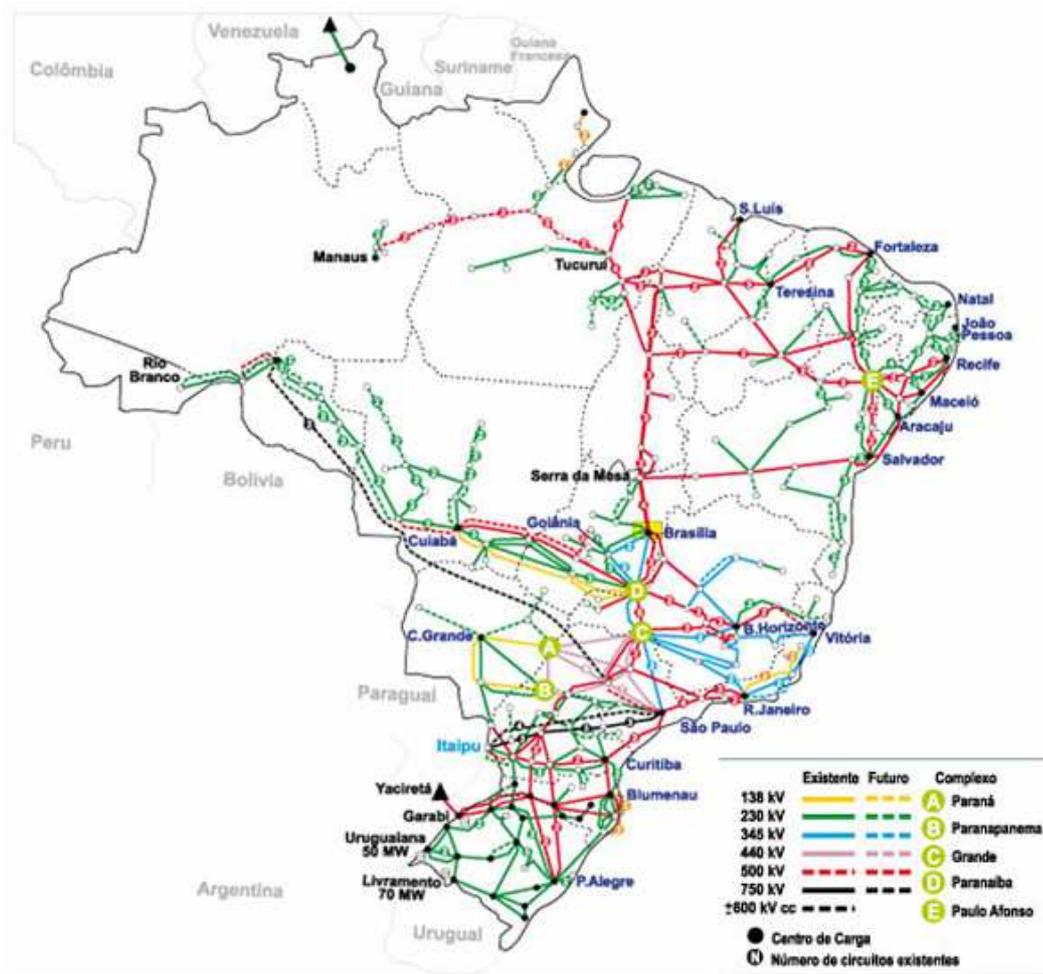
Esta seção analisa os dados de oferta atual de energia elétrica, segundo a Matriz de Energia Elétrica Brasileira. Ela, ainda, está dividida em duas subseções: a primeira que aborda a oferta de energia no Sistema Interligado Nacional (SIN) e a segunda que aborda a oferta de energia apenas nos Sistemas Isolados.

#### **4.1.1 Sistema Interligado Nacional**

O SIN é um sistema de produção e transmissão de energia elétrica, caracterizado, basicamente, por ser um sistema hidrotérmico com predominância de hidrelétricas. Estas são construídas em locais de melhor aproveitamento das aflúências e desníveis dos rios, onde, geralmente, são situados em locais distantes dos centros consumidores. Por esse motivo, a interligação entre as regiões se torna importante, pois permite a troca de energia entre elas “permitindo, assim, obterem-se os benefícios da diversidade de regime dos rios nas diferentes bacias hidrográficas brasileiras” (ANEEL, 2005, p. 153).

A integração entre as diversas unidades de produção de energia elétrica engloba as regiões Sul, Sudeste, Nordeste, Centro-Oeste e parte da região Norte. Em síntese, ainda não estão contemplados pelo SIN os Estados do Amazonas, Roraima e Amapá, como pode ser observado na figura 11.

Figura 11 – Representação simplificada da integração entre os sistemas de produção e transmissão para o suprimento do mercado consumidor

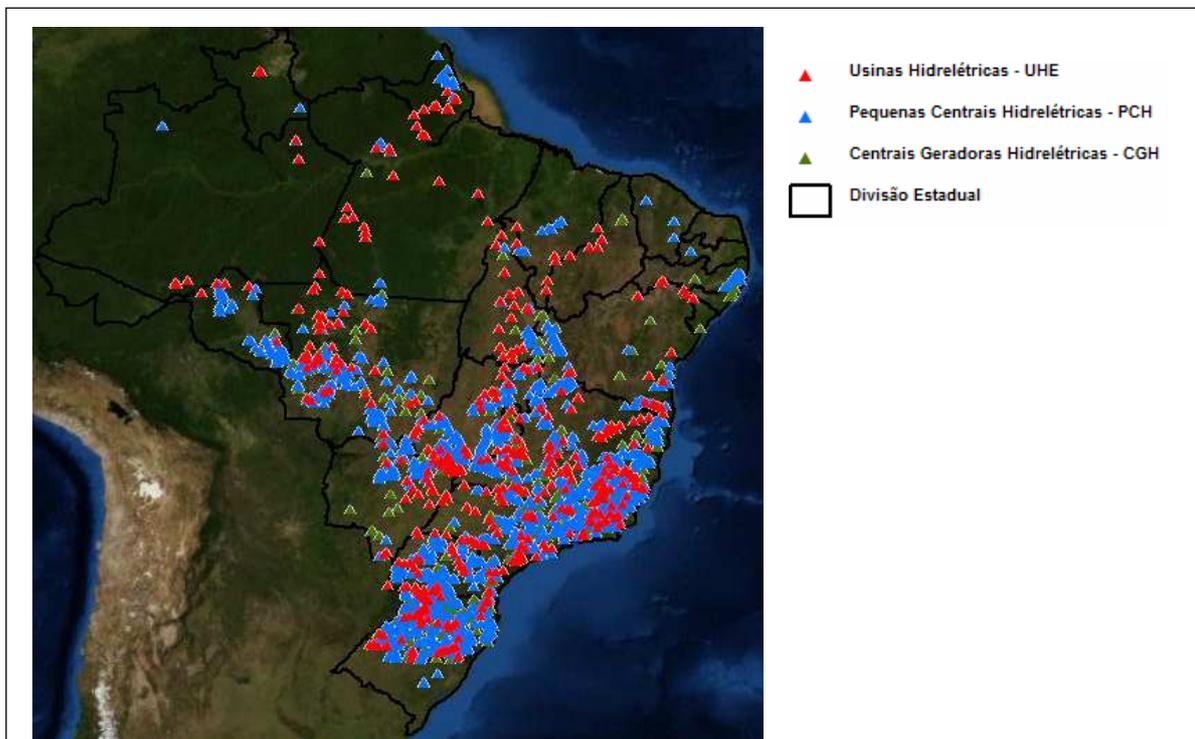


Fonte: Brasil (2012)

Ao observar a figura 11, pode-se verificar que existe uma concentração dos complexos hidráulicos na metade Sul e Central do Brasil, percorrendo uma faixa de Brasília, no Distrito Federal até Jacuí no Rio Grande do Sul. Esta concentração espacial das usinas exige uma intensa malha de distribuição e investimentos significativos na sua constituição e manutenção. Ao mesmo tempo, destaca a imensa área Norte do país sem cobertura pelo SIN.

A produção de eletricidade a partir das hidrelétricas, segundo o Relatório do Balanço Energético Nacional de 2010, foi de 403.215 GWh de energia. Este valor foi 3,4% maior do que o gerado em 2009 e houve um aumento de 50% quando comparado com o ano de 2001. Ou seja, em apenas nove anos, a produção anual dobrou, evidenciando o resultado de um elevado investimento em produção de energia no país que resultou, em 2010, em 971 usinas do tipo hidro no país. Ao plotar no mapa do país todas as usinas atualmente em funcionamento entre usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas, tem-se a figura 12.

Figura 12 – Usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e centrais geradoras hidrelétricas



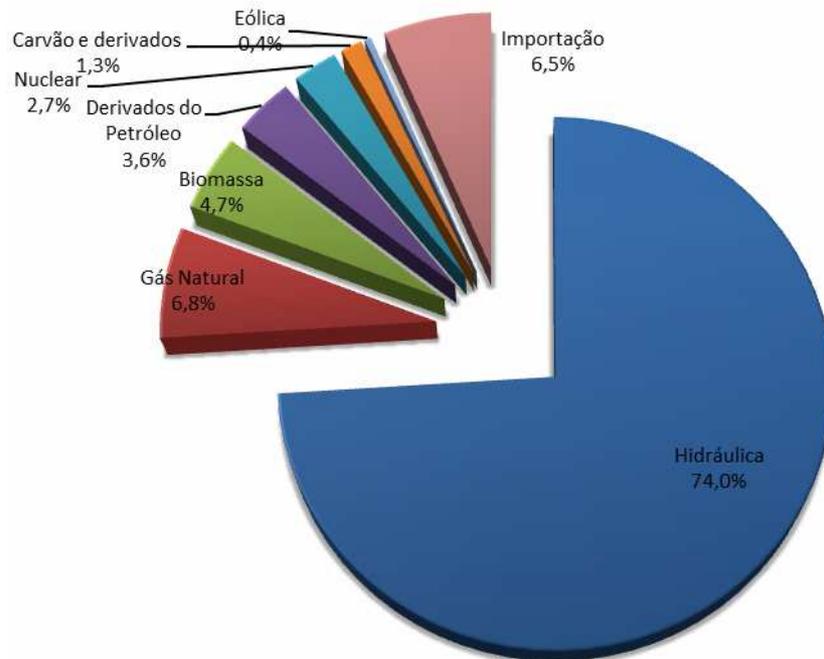
Fonte: Sigel (2012)

De acordo com a figura 12, pode-se afirmar que existe uma concentração na produção de energia hidráulica nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Como já mencionado, tal concentração exige uma vasta malha de distribuição e, conseqüentemente, elevados investimentos.

No entanto, a hidroeletricidade não é a única fonte de geração de energia elétrica no país, embora seja predominante, pois representa 74% da oferta total de energia elétrica no país. O gás natural corresponde a 6,8%, a biomassa a 4,7%, os derivados de petróleo a 3,6%, a nuclear a 2,7% a de carvão e derivados a 1,3% e a eólica a 0,4%. No entanto, como a

produção interna não é autossuficiente, de forma que parte da oferta é feita com energia importada, que corresponde a 6,5% da disponibilidade total de energia (BRASIL, 2011). O gráfico 2 resume a estrutura da oferta de energia elétrica no ano de 2010.

**Gráfico 2 – Estrutura de oferta de energia elétrica brasileira em 2010**



Fonte: Brasil (2011)

Percebe-se que a energia hidráulica é predominante na geração de energia elétrica enquanto que a energia eólica parece ser a menos significativa.

Embora a produção de energia elétrica, em 2010, de 509.223 GWh, tenha sido expressiva e tenha crescido mais de 50%, em 10 anos, esta ainda não é suficiente para atender à demanda total. Isto pode ser visualizado na tabela 3.

**Tabela 3 – Informações sobre produção, importação e exportação de energia elétrica entre 2001 e 2010 (em GWh)**

Fluxo	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	$\Delta$ 2001 - 2010										
<b>Produção</b>	328.509	345.671	364.339	387.452	402.938	419.337	445.044	463.120	462.976	509.223	55%										
<b>Geração Pública</b>	301.318	311.601	329.282	349.539	363.156	377.644	397.907	412.012	409.150	445.519	48%										
<b>Geração de Autoprodutores</b>	27.191	34.070	35.057	37.913	39.782	41.692	47.137	51.107	53.827	63.704	134%										
<b>Importação</b>	37.874	36.580	37.151	37.392	39.202	41.447	40.866	42.901	41.064	35.906	-5%										
<b>Exportação</b>	-	6	-	7	-	160	-	283	-	689	-	1.080	-	1.257	20850%						
<b>Perdas</b>	-	56.628	-	57.879	-	59.271	-	64.892	-	66.787	-	70.550	-	71.745	-	77.081	-	80.112	-	88.211	56%
<b>Consumo Total</b>	309.729	324.365	342.213	359.945	375.193	389.950	412.130	428.250	422.848	455.660	47%										

Fonte: Brasil (2011)

Segundo os dados da tabela, o consumo total (455 TWh) foi menor do que a produção de energia elétrica (509 TWh) em 2010. No entanto, as perdas na produção de aproximadamente 88 TWh acarretaram na necessidade de importação de 35 TWh.

Apesar do aumento da oferta de energia ao longo dos anos, o Brasil ainda sofre com a falta de energia elétrica que impede, por exemplo, o funcionamento de indústrias. Os anos de 1985, 1999, 2001 e 2009 foram caracterizados pela ocorrência dos apagões. Isso demonstra que o sistema elétrico brasileiro não funciona com a sua eficiência projetada de 95%, como afirmado em matéria da Veja, em 2009. Os principais problemas que podem resultar nos apagões são: questões ambientais como ausência de chuvas, que diminuem os reservatórios das hidrelétricas, ou até mesmo tempestades; inadequada manutenção dos sistemas de distribuição; e a administração entre produção e consumo de energia, ou seja, quando a demanda é superior à oferta o sistema pode parar de funcionar, ocasionando o blecaute ou, ainda, quando a oferta é superior à demanda sobrecarregando o sistema (VEJA, 2009).

Em consequência, os apagões ocasionam a interrupção do funcionamento de indústrias e comércio, comprometendo a produção industrial do Brasil, sem mencionar a falta de energia nas residências. Segundo matéria do G1, o tempo médio de falta de energia aumentou nos últimos 3 anos. “O índice de interrupções no Brasil aumentou de 16 horas para 20 horas e no Nordeste, de 18 horas para 27 horas” (APAGÕES, 2011). O Estado de Sergipe apresenta a pior situação, já que o tempo médio de falta de energia dobrou de 22 horas para 44 horas.

Além disso, existe uma quantidade elevada de domicílios sem acesso à energia elétrica. Somente as regiões Norte e Nordeste detêm, juntas, 81% de todos os domicílios brasileiros sem acesso à energia. No mapa do anexo B podem ser visualizadas as regiões com o nível de domicílios sem acesso à energia elétrica.

Assim, é possível afirmar que a energia hidráulica é a fonte energética predominante do SIN. Outras fontes menos significativas também fazem parte da produção de energia elétrica brasileira. São elas: gás natural, biomassa, derivados de petróleo, nuclear, carvão e derivados e, finalmente, eólica.

Entre os anos de 2001 e 2010 houve um aumento significativo na produção de energia, no entanto algumas localidades ainda não são supridas por energia elétrica desse sistema. Parte da região Norte, por exemplo, não se encontra conectada ao SIN. Dessa forma, a região Norte é caracterizada por ser um Sistema Eletricamente Isolado. A oferta de energia elétrica do Sistema Isolado é tratada no próximo subcapítulo.

#### 4.1.2 Sistemas Isolados

Os Sistemas Isolados são predominantemente térmicos, sendo distribuídos em 45% do território brasileiro, principalmente, na região Norte, e representam 1,6% do consumo nacional e 2,3% da carga nacional. Os maiores sistemas atendem às capitais do Amazonas, Amapá e Roraima. Outros locais que compõem os Sistemas Isolados são partes do Estado do Mato Grosso e de Pernambuco, e, mesmo nestes locais, não há produção de energia suficiente “que ainda permanecem isoladas do SIN e, pela grande dificuldade de logística de abastecimento e elevado número de pequenas unidades geradoras, os sistemas localizados no interior dessa região” (ELETROBRÁS, 2010, p. 1).

Esses Sistemas foram criados com o intuito de atender os locais onde não existem as linhas de transmissão, devido à falta de um planejamento adequado da distribuição do SIN. A exemplo, cita-se:

A instalação destes sistemas ocorreu em virtude da ausência de um planejamento adequado à região e, mais pontualmente, da própria dificuldade de se expandir as redes existentes, sendo necessária a introdução de sistemas de geração descentralizados a óleo diesel e implantação de mini-redes de distribuição (Santos, 2008, p. 42).

No Brasil, em 2011, existiam 1.672 unidades geradoras nos Sistemas Isolados. O Estado com maior participação nesse aumento foi o Amazonas que passou de 707 unidades geradoras, em 2010, para 940 unidades, em 2011. A potência também aumentou, consideravelmente, em 22,5%. Na tabela 4, são apresentados dados da quantidade de unidades geradoras e suas respectivas potências para os anos de 2010 e 2011.

Assim, de acordo com os dados da tabela, é possível verificar o aumento considerável de unidades geradoras. Estas aumentaram 25,33% em apenas um ano, de 2010 para 2011.

Tais Sistemas são movidos por óleo diesel, óleo OCTE (óleo combustível para turbina elétrica), PGE (óleo combustível para geração elétrica), óleo combustível e gás natural. A geração de energia, segundo esses combustíveis utilizados nos Sistemas Isolados, é apresentada na tabela 5.

Tabela 4 – Unidades geradoras dos Sistemas Isolados e potência

Estado	Concessionária	2010		2011	
		Unidades Geradoras	Potência (MW)	Unidades Geradoras	Potência (MW)
Acre	Guascor	60	31,8	61	33,4
Amapá	Eletronorte	39	164,4	41	167,5
	CEA	19	22,8	19	22,8
	Amapari	12	23,3	12	23,3
Amazonas	Amazonas Energia (capital)	281	1329,2	500	1706,6
	Amazonas Energia (interior)	426	289,4	440	303,2
Pará	Celpe	41	17,3	41	17,3
	Guascor	110	66,9	124	74,9
	Jari Celulose	12	59,1	12	59,1
				16	15,2
Rondônia	Guascor	150	74,3	148	72
	Rovema	7	4,3	7	4,3
Roraima	Eletronorte	3	85,9	51	157,9
	CERR	119	27,4	130	32,7
Mato Grosso	Cemat	50	15,6	65	21,3
Pernambuco	Celpe	5	5	5	5
<b>TOTAL</b>		<b>1334</b>	<b>2216,7</b>	<b>1672</b>	<b>2716,5</b>

Fonte: Elaborado pela autora com base em Eletrobrás (2011b) e Eletrobrás (2010)

Tabela 5 – Geração de energia de acordo com os combustíveis utilizados nos Sistemas Isolados em 2010 e 2011 (em MWh)

Tipo	2010	2011	Δ 2010 - 2011
Diesel	3.399.150	4.776.241	41%
OCTE	154.786	128.648	-17%
PGE	828.777	490.792	-41%
Combustível	2.450.944	743.668	-70%
Gás natural	2.021.494	4.076.659	102%
<b>Total em MWh</b>	<b>8.857.161</b>	<b>10.218.019</b>	<b>15%</b>

Fonte: Elaborado pela autora com base em Eletrobrás (2011b) e Eletrobrás (2010)

Essas fontes de energia foram capazes de gerar 10.218 GWh, um aumento de 15% em comparação com o ano de 2010. Percebe-se, segundo os dados da tabela, que a utilização de diesel, para a geração de energia, aumentou 41% enquanto para os demais óleos ocorreu uma significativa diminuição. No entanto, foi o gás natural que apresentou o maior aumento, isto é,

de mais de 100%. Esse resultado decorreu da implantação do gasoduto Urucu-Coari-Manaus, que interliga as cidades de Coari e Manaus. No entanto, o aumento na geração de energia não representa um elevado padrão de geração de energia. Pode-se citar como exemplo a região Sul que consumiu, em 2010, cerca de 60 mil GWh de energia, ou seja, 14 vezes mais do que foi gerado de energia pelos Sistemas Isolados da região.

Essa ausência de energia na região gera inúmeros problemas, como o funcionamento de escolas e hospitais. Como exemplo dessa dificuldade, a matéria "Fator Humano", da Edição Especial da *Veja, Amazônia*, revela que as comunidades ribeirinhas do Rio Negro não possuem energia elétrica durante o dia e que o fornecimento é feito por motores a diesel somente das 18 às 22 horas. Isso permite avaliar o nível de educação que é possível oferecer às crianças desta região. Ou seja, não é possível trabalhar com informática, eletroeletrônicos, escolas técnicas, etc. Ainda, o diesel, em muitas comunidades rurais, é comprado em forma de escambo na troca por tracajá (tartaruga), em virtude de que, no interior da Amazônia, a moeda é praticamente ausente. Outros exemplos de escambo e paridade que podem ser citados são: dois milheiros de tijolos valem 100 kg de carne de jacaré, um litro de cachaça é equivalente a 2 kg de pirarucu salgado, 1 kg de bolacha vale 1 kg de peixe fresco, 1 kg de sal vale 1 kg de borracha bruta e 1 kg de charque vale 20 kg de castanha-do-pará (VEJA AMAZÔNIA, 2009).

Dessa forma, pode-se afirmar que houve um aumento considerável da oferta de energia elétrica. O aumento de geração de energia elétrica, por meio do SIN, foi de 10% entre 2009 e 2010. E, no caso dos Sistemas Isolados, foi de 15% entre 2010 e 2011. Apesar do aumento da oferta energética, essa não tem sido suficiente para atender todas as regiões do país.

## 4.2 A OFERTA POTENCIAL DE ENERGIA ELÉTRICA

Esta seção estima a oferta potencial de energia elétrica a partir do dendê e da energia solar. Para que isto seja possível, esta foi subdividida em mais duas: a primeira, que aborda a oferta potencial do dendê na região Norte, e a segunda, que aborda a oferta potencial de energia solar no Nordeste.

### 4.2.1 Oferta potencial de energia a partir do dendê cultivado na região Norte

O dendê tem sido tratado por autores como Furlan Júnior *et. al.* (2006), Santos (2008) e Nunes e Alves (2010) como a forma mais promissora de gerar desenvolvimento econômico

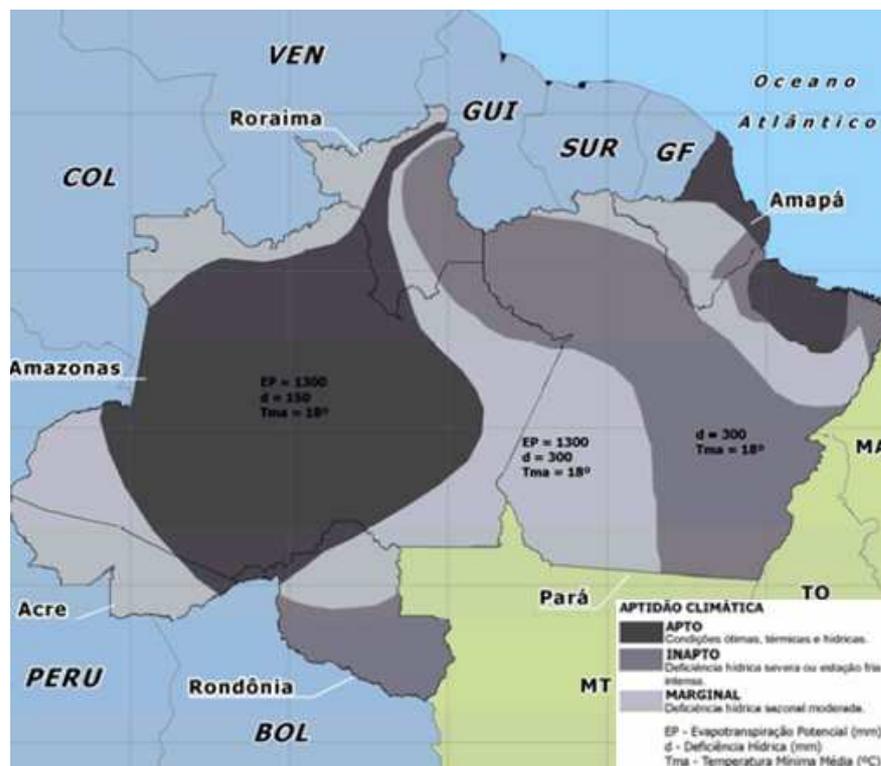
nessa região. Isso porque essa oleaginosa é capaz não somente de gerar energia nos Sistemas Isolados, mas também, em paralelo, gerar emprego e renda para a população. E, ainda, é uma alternativa para a recuperação das áreas desmatadas da Amazônia. A exemplo:

A expansão da área cultivada com dendzeiro nas áreas já desmatadas da Amazônia é reconhecida como uma excelente alternativa para produção de óleo para fins alimentares e energéticos, constituindo suporte tanto para o projeto governamental de ampliação e diversificação da matriz energética brasileira, quanto para a criação de empregos e aumento da renda da população local (FILHO; MOTTA, 2010, p. 6).

Visando à utilização das áreas desmatadas para a plantação de dendê, a Embrapa Solos, por solicitação do Governo Federal, elaborou um projeto de Zoneamento Agroecológico do Dendê nas áreas desmatadas da Amazônia Legal. Assim, foi realizada uma avaliação entre a exigência ambiental da planta e compatibilização do ambiente onde se pretende plantá-la, ou seja, nas áreas desmatadas que atenda a uma relação de custo-benefício favorável. Em outras palavras, cada espécie vegetal exige características especiais do solo, relevo e clima para que sua adaptação seja favorável e para que não haja impactos negativos (FILHO; MOTTA, 2010).

No caso do dendê as regiões mais aptas para a sua plantação pode ser visualizada na figura 13.

Figura 13 – Locais de melhor aproveitamento para a plantação do dendê na região Norte



Fonte: Santos (2008)

De acordo com a figura 13, os melhores locais para a sua plantação é no Estado do Amazonas, em quase sua totalidade, no Norte do Amapá e, ainda, em uma pequena região ao Nordeste do Pará.

Sendo assim, a Embrapa realizou o projeto sobre duas bases de níveis tecnológicos (níveis de manejo). A primeira, o nível de manejo “b” que emprega um nível tecnológico médio e modesta aplicação de capital. Já o nível de manejo “c” utiliza alto nível tecnológico e aplicação intensiva de capital. As classes do zoneamento agroecológico foram divididas em preferencial, regular, marginal e inapta de acordo com seus fatores limitantes. Na tabela 6, são apresentados os fatores limitantes segundo os níveis de manejo.

Tabela 6 – Graus dos fatores limitantes segundo o nível de manejo

Fator limitante/níveis de manejo	Classe Preferencial		Classe Regular		Classe Marginal		Classe Inapta	
	B	C	B	C	B	C	B	C
Deficiência de Fertilidade	L	M	M	F	F	MF	MF	MF
Deficiência de Água	L	M	M	F	F	MF	MF	MF
Excesso de Água	L	L	M	M	F	F	MF	MF
Susceptibilidade à Erosão	L	M	M	F	F	MF	MF	MF
Relevo x Textura	L	M	M	F	F	MF	MF	MF
Impedimento à Mecanização	M	L	F	M	MF	F	MF	MF
Pedregosidade	L	N	M	L	F	M	MF	F
Rochosidade	N	N	L	L	M	M	F	F
Relevo	M	L	F	M	MF	F	MF	MF
Impedimento às Raízes	N	M	L	L	M	M	F	F

Grau de limitação: N = Neutro; L = Ligeiro; M = Moderado; F = Forte; MF = Muito Forte

Fonte: Filho; Motta (2010)

A classe de zoneamento “preferencial” é considerada como sem limitações significativas para a produção de dendê; o “regular” possui limitações moderadas; o “marginal” possui elevadas limitações; e, finalmente, a “inapta” que possui limitações muito fortes que impedem a plantação do dendê.

Nos resultados encontrados, o manejo “b” possui 17,4 milhões de hectares de terra aptos para a plantação do dendê (óleo comestível, cosmético e biocombustível) e o manejo “c” 17,2 milhões de hectares. Foram excluídas as áreas não desmatadas e reservas legais,

estando somente em análise as áreas desmatadas. Na tabela 7, são apresentados os valores em hectares das classes do zoneamento para a produção do dendê por Estado da região Norte.

Tabela 7 – Hectares disponíveis segundo a classe de zoneamento

Estado	Manejo B				Manejo C			
	Preferencial	Regular	Marginal	Inapta	Preferencial	Regular	Marginal	Inapta
Acre	416.037	1.087.772	913	306.879	735.677	574.630	193.511	307.785
Amazonas	1.461.375	889.466	8.337	415.517	1.532.123	681.556	142.830	418.185
Amapá	20.334	137.884	11.205	125.232	20.334	123.843	23.169	127.271
Pará	2.327.674	10.448.374	345.718	9.926.744	1.666.831	10.608.430	810.902	9.962.347
Rondônia	2.720.638	2.755.935	550.294	1.834.577	2.930.252	2.733.292	352.365	1.845.535
Roraima	187.409	218.712	207.898	144.684	190.143	214.119	209.175	145.265
Tocantins	-	-	-	2.949.021	-	-	-	2.949.021
<b>Total</b>	<b>1.877.412</b>	<b>15.538.143</b>	<b>1.124.365</b>	<b>15.702.654</b>	<b>2.267.800</b>	<b>14.935.870</b>	<b>1.731.952</b>	<b>15.755.409</b>
<b>Total de áreas aptas (preferencial + regular)</b>	<b>17.415.555</b>				<b>17.203.670</b>			

Fonte: Elaborado pela autora com base em Filho; Motta (2010)

Vale ressaltar que estes são resultados brutos e podem ser reduzidos 50 a 60% devido a restrições ambientais. Dessa forma, diminuindo os 60% da área disponível do manejo “b” (nível tecnológico médio), encontra-se o valor de 6.980.622 hectares. Ou seja, de toda a área apta para o manejo “b”, de 17.415.555 hectares, tem-se disponível para a plantação do dendê 6.980.622 hectares, conforme os dados da tabela 8.

Tabela 8 – Quantidade de hectares de acordo com a condição das áreas

Condição das Áreas	Quantidade de Hectares
Área apta	17.415.555
Restrições ambientais	10.449.333
Área passível de produção	6.980.622

Fonte: Elaborado pela autora com base em Filho; Motta (2010)

De acordo com a tabela 1, a produtividade do óleo de dendê é de 3.500 a 5.000 kg/hectare ano e do óleo de palmiste é de 200 a 350 kg/hectare ano. Assim, tomando como base 3.500 kg/ha ano para o dendê e 200 kg/ha ano, seriam gerados 24.432.177.000 kg de óleo de palma e 1.396.124.400 kg de óleo de palmiste.

Tabela 9 – Produção potencial de palma e palmiste com plantação de 6.980.622 hectares

Produção potencial	Peso em kg
Óleo de palma	24.432.177.000
Óleo de palmiste	1.396.124.400

Fonte: Elaborado pela autora com base em Furlan Júnior *et. al* (2006)

Para a geração de energia, o dendê pode ser utilizado na sua forma *in natura* ou como biodiesel. A utilização *in natura* é uma forma ecologicamente correta para a utilização em geradores. No entanto, para que o óleo *in natura* seja utilizado em geradores a diesel, é necessária a adaptação de um kit de conversão do motor diesel para o óleo vegetal. O kit foi desenvolvido pelo CENBIO (Centro Nacional de Referência em Biomassa) por meio do projeto PROVEGAM e testado em um gerador-diesel em Vila Soledade (Moju/PA). Assim, constatou-se que, após 750 horas, aproximadamente um mês, os bicos injetores, cabeçotes do motor e a bomba injetora tiveram que ser substituídos (COELHO *et. al.*, 2004).

No caso do biodiesel, os motores não necessitam de adaptação. No entanto, o biodiesel de dendê é formado, basicamente, além do óleo de dendê, por etanol e soda cáustica (para cada 30 kg de óleo de dendê necessita-se 24 kg de etanol e 0,3 kg de soda cáustica) (VIANNA, 2006).

É importante ressaltar que o óleo de dendê possui o poder calorífico inferior<sup>7</sup> (PCI) 10% menor do que o diesel, ou seja, para gerar a mesma quantidade de energia do diesel são necessários 10% a mais de óleo de dendê ou de biodiesel (COELHO *et. al.*, 2005a).

Segundo o Atlas de Bioenergia do Brasil (Coelho *et. al.*, 2005b), a energia gerada a partir do óleo de dendê é calculada pela quantidade de toneladas de óleo de dendê por hectare colhido, multiplicado pelo fator de conversão por tonelada de óleo, de 0,78 MWh/tonelada. Sendo assim, o Atlas de Bioenergia apresenta a geração de energia a partir do dendê de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Energia (MWh / ano)} = \text{ha colhidos} \times 5 \text{ ton / ha} \times 0,78 \text{ MWh / ton}$$

Dada às áreas desmatadas e disponíveis para a plantação, de 6.980.622 hectares, e sabendo que a produtividade do dendê é de 3,5 a 5,0 toneladas, a energia gerada conforme sua produtividade pode ser apresentada na tabela 10.

<sup>7</sup> Poder Calorífico Inferior: Energia efetivamente disponível após a dedução de perdas com evaporação da água.

Tabela 10 – Energia gerada conforme produtividade do dendê

<b>Produtividade (ton)</b>	<b>Energia Gerada (MWh/ano)</b>	<b>Energia Gerada/Consumo N em 2010</b>
3,5	19.057.098,06	104%
4,0	21.779.540,64	119%
4,5	24.501.983,22	133%
5,0	27.224.425,80	148%

Fonte: Elaboração própria com base em Coelho *et. al.* (2005b)

No ano de 2010, o consumo de energia elétrica na região Norte foi de 18.379.281 MWh, segundo dados da Aneel. Assim, pode-se afirmar que o dendê teria uma participação de 104% a 148% do consumo de energia.

Em resumo, a produção atual e potencial pode ser resumida na tabela 11.

Tabela 11 – Tabela resumo da área, produção de palma e palmiste em 2011 e potencial

	<b>Atual</b>	<b>Potencial</b>
<b>Área (ha)</b>	67.453	6.980.622
<b>Palma (ton)</b>	265.000	24.432.177
<b>Palmiste (ton)</b>	30.000	1.396.124

Fonte: Elaboração própria com base em Agrianual (2011) e Filho; Motta (2010)

#### 4.2.2 Oferta potencial de energia solar no Nordeste

Embora o Sistema Interligado Nacional esteja presente na maioria das regiões brasileiras, inclusive na região Nordeste, esta ainda sofre com a falta de energia elétrica. Como destacado, o número de horas médias de falta de energia aumentou consideravelmente nesta região. E, ainda, o Estado com maior número de domicílios sem energia elétrica está na região Nordeste. Na Bahia, aproximadamente, 146 mil domicílios não possuem energia elétrica enquanto que o somatório de domicílios sem energia das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste é de 138 mil (IBGE, 2010).

Devido a essa questão, por conta do potencial de radiação solar, foram instalados 36 sistemas fotovoltaicos conectados à rede e uma usina fotovoltaica em Tauá, no Ceará. O Anexo C apresenta esses sistemas segundo a potência e o ano de instalação.

Segundo as informações do Anexo C, a maioria desses sistemas foram desenvolvidos por universidades com fins de pesquisa. Um dos motivos cabíveis seria a falta de incentivos e

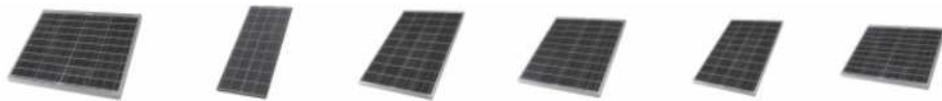
o elevado custo dos módulos fotovoltaicos. No entanto, o Banco Nacional do Nordeste oferece financiamento para geração de energia alternativa a micro, pequenos, médios e grandes produtores rurais ou empresariais. Para o caso de micro e pequenas empresas o financiamento é de 100%; para média empresa, 80 a 95%; e para grandes empresas, de 65 a 90% (CÂMARA, 2011). Com relação à legislação para a instalação de usinas, apenas o Estado do Ceará possui uma Lei (nº. 81 de 02 de Setembro de 2009) que institui o Fundo de Incentivo à Energia Solar – FIES – para incentivar a instalação e manutenção de usinas de produção de energia solar.

Com relação à tecnologia dos módulos fotovoltaicos, estas podem ser de dois tipos: planas (*flata-plate photovoltaic*) ou de concentração solar (*concentrating photovoltaic* – CPV). A maioria dessas placas planas tem a capacidade de rastrear o sol desde o amanhecer até o anoitecer, tirando maior aproveitamento da luz solar. Com relação às tecnologias CPV, grande parte delas utiliza espelhos para refletir e concentrar a radiação solar em células fotovoltaicas. Além disso, as células fotovoltaicas são formadas por semicondutores, cujo mais comum utilizado é o de silício cristalino que possui eficiência de aproximadamente 15%, como já explicitado no item 2.2.

Atualmente, são produzidas inúmeras marcas de módulos fotovoltaicos em todo o mundo. No caso do Brasil, a usina solar de Tauá, a primeira usina fotovoltaica do país, utiliza os módulos da Kyocera. Esta empresa fabrica diversos tipos de módulos com capacidade, eficiência e tamanhos diferenciados como podem ser visualizados na figura 14. Os módulos utilizados pela MPX Tauá possuem potência de 210 W.

No Brasil, a área de alto potencial de radiação (Oeste da Bahia e Sul do Piauí) é de, aproximadamente, 245.791 km<sup>2</sup>. Vale ressaltar que essa área, em sua totalidade, está localizada no sertão nordestino, que é justamente aquela que apresenta um dos menores índices de eletrificação. Assim, tem-se uma combinação ímpar para o aproveitamento da energia solar, pois, ao mesmo tempo em que esta região possui elevado potencial de geração de energia elétrica, também possui o custo da terra depreciado e, dessa forma, poderá ter um impacto econômico e social para seus habitantes de extrema significância. Assim, aproveitando as áreas de alta radiação, e com baixo índice de eletrificação, tem-se uma área de 104.319 km<sup>2</sup> que pode ser visualizada na figura 15.

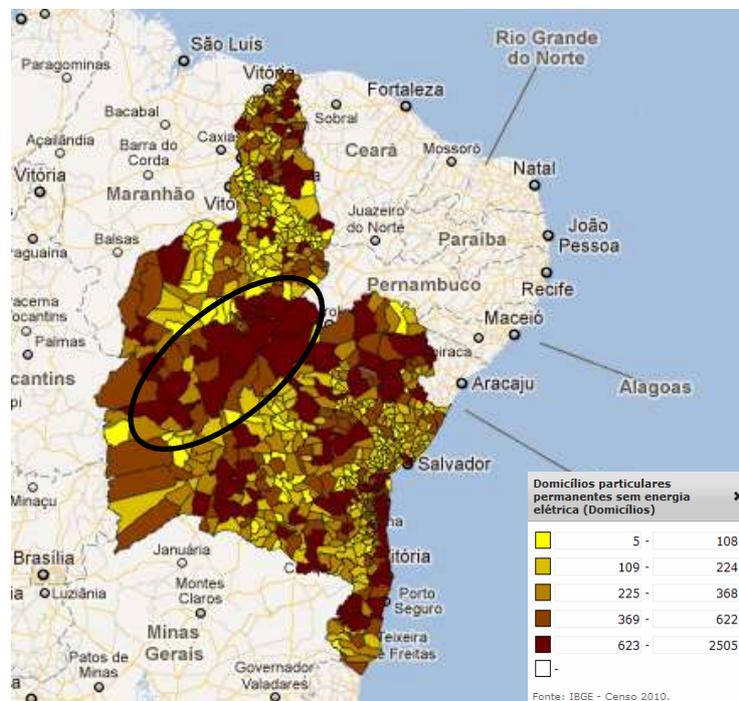
Figura 14 – Características dos módulos fotovoltaicos Kyocera



MODELOS	KD210GX-LP	KD135SX-UPU	SM-83KSM	SM-63KSM	SM-48KSM	SM-42KSM
Máxima Potência	210W	135W	83W	63W	48W	42W
Tolerância	+5%/-5%	+5%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%	+10%/-5%
Máxima Voltagem do Sistema	600V	600V	600V	600V	600V	600V
Voltagem de Máxima Potência	26.6V	17.7V	16.5V	16.5V	18.6V	16.5V
Corrente de Máxima Potência	7.90A	7.63A	5.07A	3.82A	2.59A	2.55A
Voltagem de Circuito Aberto	33.2V	22.1V	19.7V	19.7V	22.1V	19.7V
Corrente de Curto Circuito	8.58A	8.37A	5.78A	4.34A	2.89A	2.89A
Altura	1500mm	1500mm	920mm	715mm	560mm	505mm
Largura	990mm	668mm	680mm	680mm	680mm	680mm
Espessura	36mm	46mm	38mm	38mm	38mm	38mm
Peso	18,5kg	12,5kg	8,4kg	6,2kg	4,5kg	4,2kg
Garantia	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos	20 Anos
Conexões	Cabo Conector	Caixa de Junção				

Fonte: Kyocera Brasil (2011)

Figura 15 – Região com maior nível de radiação solar e menor grau de eletrificação



Fonte: IBGE (2010)

Supondo a utilização do módulo fotovoltaico KD210GX-LP, que possui as mesmas características do módulo utilizado na usina de Tauá, em 1%, 5% e 10% dessas áreas selecionadas, poderiam ser geradas as seguintes quantidades de energia anualmente:

Tabela 12 – Geração de energia e potência de acordo com a área projetada para instalação de módulos fotovoltaicos

	Área (m <sup>2</sup> )	Placas Solares (Unidades)	Potência Nominal MW *	Energia Gerada MWh/ano**	Energia Gerada / Consumo NE em 2010
1%	1.043.190,00	702.485	147,5	217.994,2	0,3753%
5%	5.215.950,00	3.512.424	737,6	1.089.971,1	1,8765%
10%	10.431.900,00	7.024.848	1.475,2	2.179.942,2	3,7530%

\* Potência Máxima supondo uma temperatura de 25° C

\*\* Energia calculada a partir do programa Sunny Design

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2010), ANEEL (2012) e Sunny Design [s.d.]

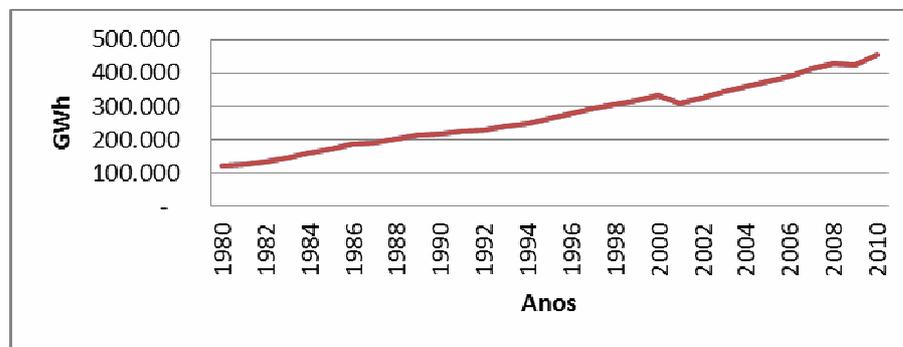
Em resumo, o dendê é capaz de gerar entre 19 milhões MWh e 27 milhões de MWh por ano, nas regiões desmatadas, e a energia solar pode gerar entre 217 mil MWh e 2 milhões MWh na área selecionada entre o Piauí e a Bahia.

## 5 DEMANDA DE ENERGIA

Este capítulo aborda questões sobre a evolução do consumo de energia e, ainda, a estimativa de demanda de energia para 2030 segundo informações do Plano Nacional de Energia (PNE).

Segundo o PNE, o consumo de energia elétrica aumentou, em média, 6,7% ao ano entre 1970 e 2005. E, segundo dados da Eletrobrás, o consumo de energia elétrica aumentou, aproximadamente, 4,8% entre 2005 e 2010. A evolução do consumo de energia é apresentada no gráfico 3.

Gráfico 3 – Evolução do consumo de energia elétrica entre 1980 e 2010



Fonte: Brasil (2011)

Nota-se no gráfico que houve uma diminuição considerável no consumo próximo ao ano 2000 e outro, um pouco menos intenso, no ano de 2009. Essa diminuição ocorreu em consequência dos programas de eficiência energética implementadas pelo Governo Federal. A Lei nº 9.991/00 foi sancionada para obrigar as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia a investir um montante de, no mínimo de 25%, da receita operacional em programas de eficiência energética (ANEEL, 2012). Apenas a título de exemplificação, no ano de 2001, a economia de energia foi de 23,8%.

Com relação à previsão de consumo de energia elétrica para 2030, a Empresa de Pesquisa Energética, por meio Plano Nacional de Energia 2030, elaborou um trabalho com foco na demanda e na oferta de energia para o ano de 2030. Para isso, os dados foram analisados a partir de quatro cenários, assim denominados cenário “A” (na crista da onda), “B1” (surfando a marola), “B2” (pedalinho) e “C” (náufrago). As características de cada cenário, segundo a infraestrutura, desigualdade de renda, fatores de produção e produtividade da economia, podem ser visualizadas na tabela 13.

Tabela 13 – Descrição dos cenários para a previsão de consumo de energia elétrica para 2030

Incerteza Crítica	Denominação dos Cenários			
	A	B1	B2	C
	<i>Na crista da onda</i>	<i>Surfando a marola</i>	<i>Pedalinho</i>	<i>Náufrago</i>
Infra-estrutura	Redução significativa dos gargalos	Gargalos parcialmente reduzidos	Permanência de gargalos importantes	Deficiência relevante
Desigualdade de renda	Redução muito significativa	Redução relevante	Redução pequena	Manutenção
Competitividade dos fatores de produção	Ganhos elevados generalizados	Ganhos importantes porém seletivos	Ganhos pouco significativos e concentrados em alguns setores	Baixa, embora com ganhos concentrados em alguns setores
Produtividade total da economia	Elevada	Média para elevada	Média para reduzida	Reduzida

Fonte: Adaptado pela autora com base em Brasil (2007)

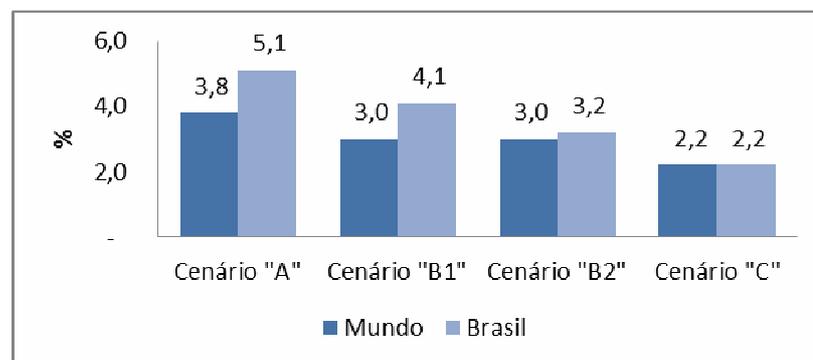
O cenário “A” pode ser resumido pela existência de uma gestão macroeconômica eficaz que resulta no aumento de investimentos em educação e infraestrutura; sendo assim, este cenário é caracterizado pelo elevado nível de desenvolvimento econômico.

Em “B1” e “B2” a economia mundial é favorável, mas não é garantia para sustentar o crescimento interno do Brasil. Especificamente, no cenário “B1” o crescimento da economia interna supera, moderadamente, o crescimento da economia mundial. No entanto, há um processo mais lento para atingir a estabilidade macroeconômica devido às possíveis dificuldades na aprovação de reformas microeconômicas. Já o cenário “B2” é caracterizado por ter o mesmo nível de crescimento do mundo, devido à dificuldade de enfrentar problemas estruturais internos.

Finalmente, o cenário “C” é caracterizado por um cenário mundial instável, porque o “comércio internacional se expande a taxas modestas ou mesmo se retrai em alguns períodos” (BRASIL, 2007, p. 40).

Dessa forma, segundo o PNE, os cenários podem ser classificados com as seguintes taxas médias de crescimento do PIB (de 2005 a 2030), como apresentado no gráfico 4.

Gráfico 4 – Taxa média de crescimento do PIB de 2005 a 2030 conforme cada cenário



Fonte: Brasil (2007), adaptado pela autora

Entre 2000 e 2010 a taxa média de crescimento anual para o mundo e para o Brasil foi o mesmo, de 3,6%. Assim, o melhor cenário a ser adotado seria o “B2”, já que o Brasil e o mundo possuem a mesma taxa de crescimento.

A partir destes cenários, o PNE estabelece as projeções de consumo de energia elétrica para cada cenário, como pode ser visualizado na tabela 14.

Tabela 14 – Projeção do consumo de energia elétrica para 2030 conforme cada cenário (em MWh)

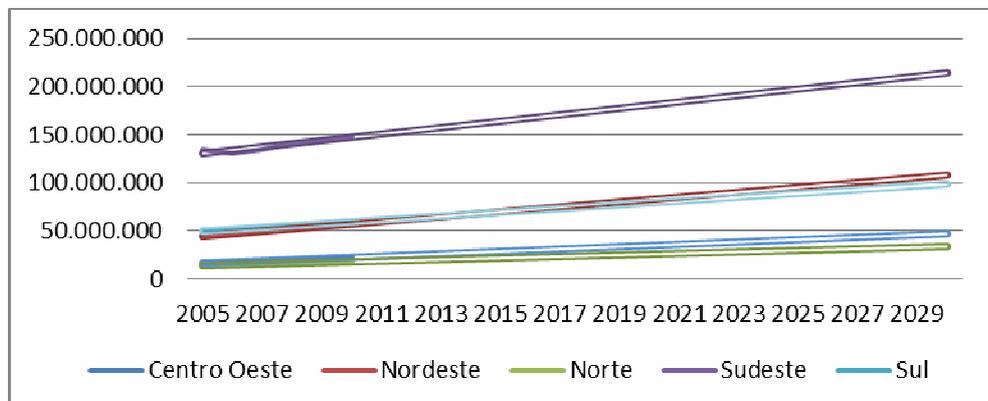
Cenários	2010	2030	Δ entre 2010 e 2030
Cenário "A"		1.243.793.610	173%
Cenário "B1"		992.329.750	118%
Cenário "B2"	455.660.000	941.413.610	107%
Cenário "C"		847.036.160	86%

Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2011) e Brasil (2007)

Nota-se que no pior cenário – Cenário “C” – o consumo de energia elétrica no Brasil aumentará aproximadamente 86% e no cenário “A” o aumento será de aproximadamente 170%. Percebe-se que essa projeção é feita para o Brasil como um todo e não há informações sobre a demanda por regiões separadamente para cada cenário.

Sendo assim, nesta dissertação, foi feita uma curva de tendência, a partir do consumo de 2001 a 2010, segundo os dados do Balanço Energético Nacional, para projetar o consumo de energia por região para 2030 e assim obter a participação da demanda em cada região para cada cenário. Esta participação foi utilizada para decompor a demanda total estimada pelo PNE. A curva de tendência pode ser visualizada no gráfico 5.

Gráfico 5 – Tendência do consumo de energia para 2030



Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2011)

De acordo com as informações do gráfico, a região Nordeste vai ultrapassar o consumo de energia da região Sul entre 2015 e 2016, mas, ainda assim, estarão bem próximas. A participação de cada região é apresentada na tabela 15.

Tabela 15 – Participação de cada Região de acordo com a tendência estimada para 2030

Regiões	Participação %
Norte	7%
Nordeste	22%
Centro Oeste	10%
Sudeste	42%
Sul	19%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria com base em Aneel (2012)

Com base na participação de cada Estado é possível calcular essa participação segundo as informações do PNE, que ficariam assim estruturadas:

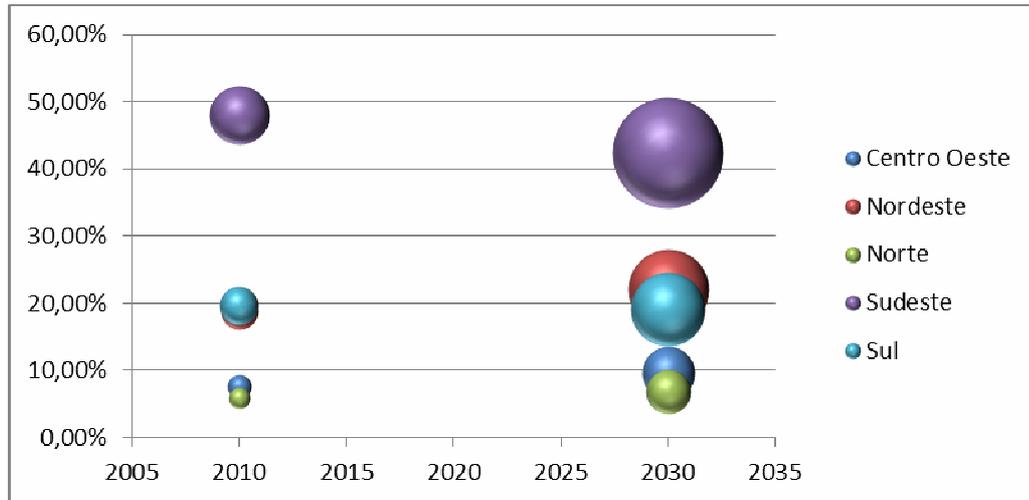
Tabela 16 – Projeção do consumo de energia para 2030 por regiões

Regiões	2010	2030				Participação %
	Participação %	Consumo				
		Cenário "A"	Cenário "B1"	Cenário "B2"	Cenário "C"	
Norte	6%	85.228.422	67.997.373	64.508.449	58.041.426	7%
Nordeste	19%	274.350.382	218.883.619	207.652.766	186.835.414	22%
Centro Oeste	8%	118.879.216	94.844.821	89.978.362	80.957.961	10%
Sudeste	48%	527.961.687	421.221.081	399.608.354	359.547.305	42%
Sul	20%	237.373.903	189.382.856	179.665.679	161.654.054	19%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	<b>1.243.793.610</b>	<b>992.329.750</b>	<b>941.413.610</b>	<b>847.036.160</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2011) e Brasil (2007)

De acordo com os dados da tabela 16, é possível afirmar que as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentarão crescimento superior às demais entre 2010 e 2030. A região Nordeste, no entanto, apresentará maior aumento na participação, isto é, de 3%. Com relação às demais regiões, o Sudeste terá uma diminuição considerável no consumo, de aproximadamente 6%. A visualização das alterações, na participação de cada região de 2010 para 2030, poder ser visualizada no gráfico 6.

Gráfico 6 – Participação das regiões no consumo de energia em 2010 e 2030



Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2011) e Brasil (2007)

Outro quesito importante a ser ressaltado é que a região Norte, em 2030, apresentará uma estimativa de demanda da mesma magnitude que apresenta a região Sul em 2010. Já a região Nordeste terá um aumento considerável de energia, superando até mesmo o consumo atual da região Sudeste. Parte disso deverá ser resultado do Programa “Luz para Todos” que foi implementado no ano de 2003, que já abasteceu 2,7 milhões de domicílios (MME, 2012).

Levando em consideração a estimativa feita anteriormente, pode-se verificar o aumento percentual do consumo de energia de 2010 a 2030, para cada cenário e cada região. Tal aumento percentual pode ser verificado na tabela 17.

Tabela 17 – Aumento percentual de 2010 a 2030 do consumo de energia por região

Regiões	Cenário "A"	Cenário "B1"	Cenário "B2"	Cenário "C"
Norte	215%	151%	138%	115%
Nordeste	220%	155%	142%	118%
Centro Oeste	244%	175%	161%	134%
Sudeste	141%	92%	82%	64%
Sul	166%	112%	101%	81%

Fonte: Elaboração própria com base em Brasil (2011) e BRASIL (2007)

O Norte terá um aumento no consumo entre 115% e 215% de acordo com os cenários. De acordo com dados da Eletrobrás, o consumo de diesel nos Sistemas Isolados da Região Norte, em 2011, foi de 4.776.241 MWh. Se for considerado que o consumo de diesel se dê às mesmas taxas que o consumo de energia total, podem-se estabelecer os seguintes prognósticos:

Tabela 18 – Demanda de diesel nos Sistemas Isolados em 2030 (em MWh)

<b>Cenários</b>	<b>Demanda Diesel (MWh)</b>
Cenário "A"	15.045.319
Cenário "B1"	12.003.533
Cenário "B2"	11.387.635
Cenário "C"	10.246.016

Fonte: Elaborado pela autora com base em Eletrobrás (2011b)

Assim, a demanda de energia, a partir do diesel, para o Sistema Isolado da região Norte, estaria entre 10 milhões de MWh a 15 milhões de MWh.

Em se tratando da energia solar, no caso da região escolhida para a geração de energia, esta somou 23.412 domicílios sem acesso à energia elétrica. Assim, supondo um consumo de 1,2 MWh por domicílio ao ano (100 KWh por mês), ter-se-ia uma demanda de 28.094 MWh. Dessa forma, a previsão para 2030 é que esses domicílios demandem a seguinte quantidade de energia de acordo com cada cenário proposto:

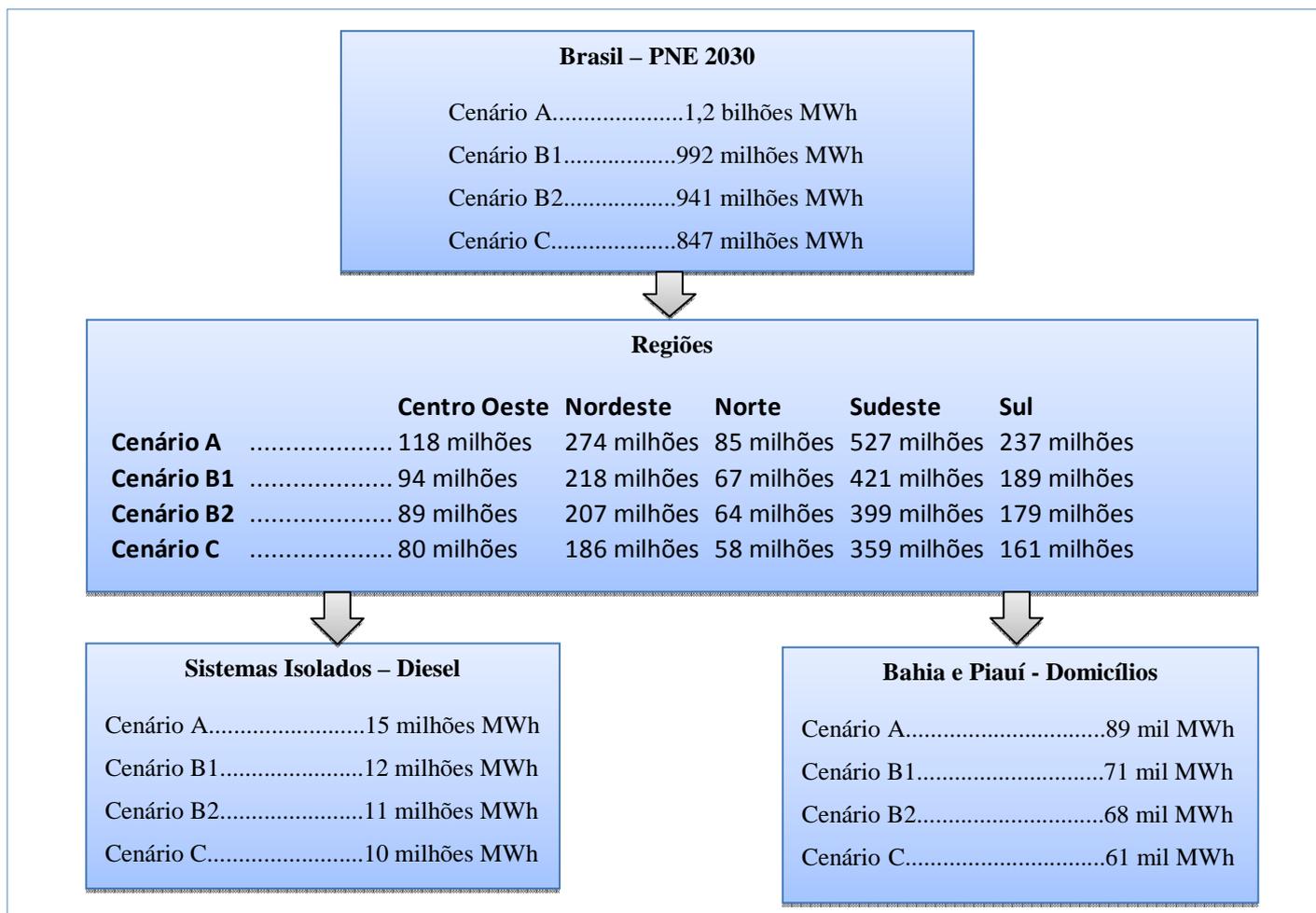
Tabela 19 – Demanda de energia nos domicílios da área selecionada em 2030 (em MWh)

<b>Cenários</b>	<b>Demanda de Energia (MWh)</b>
Cenário "A"	89.918
Cenário "B1"	71.739
Cenário "B2"	68.058
Cenário "C"	61.235

Fonte: Elaborado pela autora com base em IBGE (2010)

Em resumo, esses cenários podem ser verificados de acordo com o quadro resumo apresentado na figura 16.

Figura 16 – Quadro resumo da demanda de energia para o Brasil, regiões, diesel nos Sistemas Isolados e para os domicílios sem energia elétrica na Bahia e Piauí



Fonte: Elaborado pela autora com base em BRASIL (2007); ELETROBRÁS (2011b); IBGE (2010)

## 6 ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DO DENDÊ E SOLAR NO ATENDIMENTO À DEMANDA DE 2030 E SEUS IMPACTOS ECONÔMICOS

Este capítulo aborda o balanço entre a oferta potencial de energia, a partir do dendê e solar, e a demanda para 2030 assim como seus impactos econômicos.

Como já apresentado, a oferta potencial e a demanda para 2030 segundo as regiões pode ser visualizado na tabela 20.

Tabela 20 – Oferta de energia solar e dendê e demanda energética das regiões para 2030 (em MWh)

Oferta de energia	Dendê	19 milhões a 27 milhões
	Solar	217 mil a 2,1 milhões
Demanda 2030	Norte	58 milhões a 85 milhões
	Nordeste	186 milhões a 274 milhões
	Centro-Oeste	80 milhões a 118 milhões
	Sudeste	359 milhões a 527 milhões
	Sul	161 milhões a 237 milhões

Fonte: Elaborado pela autora com base em Brasil (2007); Coelho *et. al.* (2005b); Sunny Design [s.d]

A região Norte possui graves problemas com infraestrutura de transporte devido à densa floresta (como pode ser visualizado no anexo “D”), o que dificulta sobremaneira o deslocamento de mercadorias para outras regiões. Apenas a título de exemplificação, alimentos oriundos de São Paulo, por exemplo, demoram, aproximadamente, 15 dias para chegar à capital do Amazonas, devido às péssimas estradas da região, além de períodos de seca dos rios que dificulta também o transporte fluvial. Outro exemplo pode ser citado: para abastecer os Sistemas Isolados das regiões mais distantes com 1 litro de diesel, gastam-se 2 litros apenas com o transporte. A partir daí, é possível concluir que essa região possui certas dificuldades de interligação com as demais regiões. Por isso, a utilização do dendê se torna relevante e, ressaltando, que este deve permanecer na região, a fim de evitar os elevados custos de transporte.

Dessa forma, segundo as informações apresentadas anteriormente, o dendê supriria cerca de 22% a 46% da energia, demandada para a região no ano de 2030. E, ainda, poderia suprir de 15 milhões a 22 milhões de residências. Além disso, ele seria capaz de suprir 100% do diesel demandado e o excedente poderia ainda ser utilizado em meios de transporte como caminhões, ônibus ou barcos da própria região.

No caso da geração de energia solar no Nordeste, o intuito é que essa geração seja centralizada sendo essa energia exportada à rede elétrica da Coelba (distribuidora de energia

da Bahia). Como o Nordeste está interligado ao SIN, existe a possibilidade de que essa geração de energia seja exportada para que abastecesse as demais regiões. No caso da oferta potencial calculada (217 mil a 2,1 milhões de MWh) pode-se afirmar que essa supriria a demanda de energia dos domicílios sem energia elétrica em 2010. Ou seja, o excedente desta produção pode ser utilizado tanto para desafogar a demanda de energia hidráulica ou até mesmo para atender os demais municípios próximos que também sofrem com a falta de energia elétrica. Ao todo, a oferta potencial de energia solar pode suprir de 180 mil residências a 1.750.000, supondo um consumo mensal de 100 kWh por residência.

A energia elétrica, segundo a IEA (2010), é de extrema relevância para uma nação, já que permite o devido funcionamento de indústrias, comércio e serviços na área da educação e saúde. Além disso, cita-se:

Access to modern forms of energy is essential for the provision of clean water, sanitation and healthcare and provides great benefits to development through the provision of reliable and efficient lighting, heating, cooking, mechanical power, transport and telecommunication services (IEA, 2010, p.11).

No caso do Brasil ainda existem 3,3 milhões de pessoas sem acesso à energia, enquanto que na Argentina é de 1,1 milhão e isso representa certa dificuldade para melhorar a qualidade de vida da população brasileira, já que, com acesso à energia, segundo a IEA (2010), é possível erradicar a pobreza e a fome; atingir a educação básica; reduzir a mortalidade infantil; melhorar a saúde dos recém-nascidos; combater doenças como HIV, malária e outras; e, finalmente, garantir a sustentabilidade ambiental.

Em se tratando da região Norte e Nordeste, estas possuem as maiores taxas de pobreza quando comparadas às demais regiões. Estas podem ser visualizadas na tabela 21.

Tabela 21 – Percentual de pessoas na população total com renda inferior à linha de pobreza

<b>Região</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
<b>CO</b>	20,56%	16,13%	12,35%	12,59%	11,60%
<b>N</b>	42,73%	38,63%	37,85%	32,67%	32,54%
<b>NE</b>	53,66%	48,17%	45,62%	42,06%	39,61%
<b>S</b>	18,82%	15,95%	13,31%	12,58%	11,57%
<b>SE</b>	19,08%	15,51%	12,82%	12,52%	11,83%

Fonte: Ipedata (2012), adaptado pela autora

Segundo os dados da tabela 21, é possível perceber que as taxas de pobreza têm diminuído ao longo dos anos, mas, apesar disso, as regiões Norte e Nordeste ainda se encontram com as taxas mais elevadas.

No entanto, a energia, a partir do dendê e da energia solar, na região Norte e Nordeste, pode ser capaz de diminuir as taxas de pobreza, melhorando a qualidade de vida da população devido ao acesso à energia, gerando emprego, direto e indiretamente, renda, além de criar outras oportunidades industriais.

Em se tratando da energia solar, essa gera uma quantidade significativa de empregos diretos. Segundo Wei *et al.* (2010), uma usina de energia solar fotovoltaica é capaz de gerar em média 0,85 empregos-ano/GWh e a energia solar térmica gera, em média, 0,23 empregos. Assim, os empregos gerados, segundo o caso estimado para a energia solar, estariam entre 185 a 1.852 empregos.

Além dos empregos gerados diretamente, essa forma de energia ainda é capaz de gerar empregos indiretos visto às oportunidades que o suprimento de energia pode oferecer como o desenvolvimento do comércio e de serviços como, por exemplo: a abertura de escolas, cursos técnicos, lojas de informática, de eletrodomésticos, etc. E, ainda, a produção de módulos fotovoltaicos, no Brasil, poderia criar diversas oportunidades de negócios. Para melhor entendimento sobre a produção dos módulos, apresenta-se a figura 17.

Figura 17 – Etapas da produção de módulos fotovoltaicos



Fonte: Elaborado pela autora com base em Impactos Ambientais (2010)

A produção de módulos fotovoltaicos exige algumas matérias-primas adicionais como carvão mineral ou vegetal, alumínio, plástico, vidro, além da necessidade da existência de uma indústria química (gases) para a produção do disco de silício.

O quartzo é a matéria-prima fundamental para a produção de módulos fotovoltaicos e este mineral existe em abundância no Brasil (segundo o Ministério de Minas e Energia o Brasil detém as maiores reservas de quartzo do planeta), no entanto, como grande parte das empresas operam no sistema de garimpo, elas não possuem base tecnológica para desenvolver toda a potencialidade desse mineral (MME, 2012). Extraído o quartzo, é possível produzir silício metalúrgico que, além de ser utilizado na fabricação dos módulos fotovoltaicos, pode

ser destinado à indústria de metalurgia pesada ou na indústria de componentes eletrônicos, criando-se, assim, outras oportunidades de negócios (SEPOC, 2011).

Em se tratando dos incentivos fiscais da energia solar, esse tema ainda é relativamente novo no Brasil. Ainda não existem incentivos fiscais concretos destinados a essa forma de energia no país – existe o Programa de Incentivos às Fontes de Alternativas de Energia Elétrica, no entanto a energia solar não está inclusa no programa devido ao elevado custo dessa tecnologia que a torna mais competitiva nos Sistemas Isolados (VARELLA, 2010). No entanto, existe um projeto para conceder incentivos fiscais para o uso de energia solar com dedução no imposto de renda.

Pela proposta (Projeto de lei 2562/11), do deputado Irajá Abreu (PSD-TO), os contribuintes poderão deduzir do imposto de renda devido, até o ano de 2020, parte das despesas com a aquisição de bens e serviços necessários ao uso de energia solar. O objetivo do projeto é aumentar a utilização da energia solar, fazendo com que ela fique mais barata e criando, assim, um círculo virtuoso de emprego de energia renovável (UTILIZAÇÃO, 2012).

Este Projeto de Lei determina a redução do imposto de renda, para pessoa física, de:

- a) 100% para valores entre R\$ 1.499,16 a R\$ 2.2246,75;
- b) 75% entre R\$ 2.246,76 a R\$ 2.295,70;
- c) 50% entre R\$2.295,71 a R\$ 3.743,19;
- d) 25% para valores maiores de R\$ 3.743,19.

Para pessoa jurídica, o Projeto de Lei prevê dedução de:

- a) 100% para empresa de pequeno porte;
- b) 75% para empresa regida pelo Super Simples;
- c) 50% para empresa regida pelo Lucro Presumido;
- d) 25% para empresa regida pelo Lucro Real.

Outro benefício ainda pode ser citado é a isenção de ICMS para aquecedores solares de água, geradores fotovoltaicos e de módulos fotovoltaicos. Essa isenção foi prorrogada até 31 de Dezembro de 2015.

Em se tratando do ICMS da energia elétrica gerada a partir da energia solar, esse pode variar de 12%, 17% ou 25% dependendo do Estado e do consumo de energia. Assim, a arrecadação do ICMS pode variar entre R\$ 8,2 milhões e R\$ 200 milhões. Isto pode ser visualizado na tabela 22.

Tabela 22 – Arrecadação do ICMS de acordo com a energia gerada

Área	Geração Energia MWh	Receita Tarifa	ICMS			% PIB 2009
			12%	17%	25%	
1%	217.994	R\$ 60.162.039,32	R\$ 8.203.914,45	R\$ 12.322.345,40	R\$ 20.054.013,11	2%
5%	1.089.971	R\$ 300.810.224,18	R\$ 41.019.576,02	R\$ 61.611.732,66	R\$ 100.270.074,73	14%
10%	2.179.942	R\$ 601.620.448,36	R\$ 82.039.152,05	R\$ 123.223.465,33	R\$ 200.540.149,45	46%

Fonte: Elaborado pela autora com base em Sunny Design [s.d], Aneel (2012), IBGE (2012)

De acordo com os dados da tabela 22, nota-se que há uma variação substancial na arrecadação do ICMS de acordo com a área selecionada para a geração de energia e com o nível do ICMS. O PIB de 2009, segundo dados do IBGE, foi de R\$ 437 milhões. Assim, a arrecadação do ICMS pode representar de 2% a 46% do PIB. No entanto, o cenário mais provável de ocorrer é o intermediário, com geração de energia em uma área de 5% e ICMS de 17%, ou seja, R\$ 61 milhões que representa 14% do PIB de 2009.

Com relação a utilização dos módulos fotovoltaicos para a geração de energia nas áreas rurais da Bahia, Anhalt ([2007?]), relata o custo do sistema fotovoltaico para esta localidade é quatro vezes menor do que a rede comum, levando em consideração os parâmetros econômicos de depreciação, manutenção e operação.

Em se tratando do dendê, segundo Santos (2008), a Embrapa relata a geração de 4 a 5 empregos a cada 7 a 8 hectares, ou seja, a geração de emprego estaria entre 0,57 a 0,71 empregos/hectare para todo o processo produtivo desde o cultivo até a obtenção do biodiesel. A Agropalma S.A, por sua vez, emprega, em média, 0,77 pessoas por hectare para cultivo, processamento, produção do óleo e biodiesel. No entanto, vale ressaltar que a Agropalma é um grande grupo industrial que possui diversidade de negócios e produtos, gerando, assim, outros postos de trabalho.

Assim, tomando a área apta para a produção de dendê, já calculada anteriormente em 6.980.622 hectares, a geração de empregos estaria entre 3.988.954 e 4.956.241, segundo informações da Embrapa, e 5.375.078 empregos, segundo a Agropalma. Essa variação substancial, na geração de empregos, é resultado da produtividade da área plantada e do maquinário utilizado.

Segundo Amarildo Camaleão, presidente do Conselho de Desenvolvimento Rural do Assentamento Tarumã-Mirim, a renda varia entre R\$ 700 e R\$1.000 reais para cada 3 hectares; assim, a renda gerada, a partir da área passível, varia entre R\$ 19 bilhões e R\$ 27 bilhões/ano, o que representa 12% a 17% do PIB do Norte em 2009. É importante ressaltar que, assim como a energia solar, o dendê poderia gerar emprego e renda de forma indireta.

Além disso, o dendê pode ser consorciado com culturas alimentares semi-perenes<sup>8</sup>, como está sendo realizado no campo experimental da Embrapa, com a plantação de banana, maracujá, abacaxi, batata-doce e mandioca (muito cultivado na região Amazônica para a produção de farinha).

Em se tratando de incentivos fiscais, as empresas que produzem ou comercializam biodiesel podem reduzir a contribuição do PIS/PASEP e da COFINS. Segundo o Decreto Lei nº. 5.297, de 6 de Dezembro de 2004, a alíquota do PIS/PASEP e da COFINS será reduzida aos seguintes coeficientes:

- a) **0,775** se o biodiesel de dendê for produzido na região Norte, Nordeste ou semiárido;
- b) **0,896** se o biodiesel (de qualquer matéria-prima) se for fabricado por matérias-primas adquiridas de agricultores familiares do PRONAF;
- c) **um** se o biodiesel for fabricado a partir de matérias-primas, produzidas nas regiões Norte, Nordeste ou semiárido, adquiridos por agricultores familiares do PRONAF.

Além dos benefícios citados, ainda existem os benefícios ambientais como o de absorver o gás carbônico emitido na atmosfera e restaurar as áreas degradadas.

Em resumo, a geração de energia, empregos, renda e os benefícios do dendê e da energia solar, podem ser compilados na tabela 23.

Tabela 23 – Tabela resumo de geração de energia, contribuição à demanda de 2030, empregos, renda e benefícios gerados a partir do dendê e da energia solar

Produtividade/Área	Dendê				Solar		
	3,5	4,0	4,5	5,0	1%	5%	10%
Produção em GWh	19.057	21.779	24.501	27.224	217	1.089	2.179
Contribuição da Demanda / Cenário	Norte				Nordeste		
Cenário "A"	22,36%	25,56%	28,75%	31,95%	0,08%	0,40%	0,79%
Cenário "B1"	28,03%	32,04%	36,04%	40,04%	0,10%	0,50%	1,00%
Cenário "B2"	29,55%	33,77%	37,99%	42,21%	0,10%	0,53%	1,05%
Cenário "C"	32,84%	37,53%	42,22%	46,91%	0,12%	0,58%	1,17%
Empregos	3.988.954 a 4.956.241				185	926	1.852
Renda	R\$ 19 bilhões a R\$ 27 bilhões por ano				-		
Benefícios	Redução do PIS/PASEP e da COFINS				Receita do ICMS: R\$ 8.203.914,45 a R\$ 200.540.149,45 Dedução no IR (ainda em trâmite no Congresso Nacional)		

Fonte: Elaborado pela autora com base em Filho e Motta (2010), Brasil (2007), Santos (2008), Sunny Design [s.d], Wei *et al.* (2010), Aneel (2012).

Segundo os dados apresentados na tabela, verifica-se que a geração de energia a partir do dendê contribuirá entre 22,36% e 46,91% à demanda de 2030 para a região Norte, sendo

<sup>8</sup> Uma cultura semi-perene não necessita ser replantada todos os anos, pode-se usar a mesma planta por alguns anos para a produção.

responsável pela geração de, no mínimo, 3,9 milhões de empregos e gerando uma renda entre R\$ 19 bilhões a R\$ 27 bilhões por ano. O benefício fiscal a partir dessa produção é a redução da contribuição do PIS/PASEP e da COFINS. Com relação a energia solar esta contribuirá entre 0,08% e 1,17% à demanda de 2030 para a região Nordeste, gerando de 185 a 1.852 empregos. Os benefícios que podem ser mencionados são a arrecadação do ICMS entre R\$ 8,2 milhões e R\$ 200 milhões, além da possível dedução no IR, que ainda tramita no Congresso Nacional.

## 7 CONCLUSÃO

No Brasil, as áreas mais carentes em termos econômicos e energéticos do país são as regiões Norte e Nordeste. Tais regiões, que englobam 63,5% da área geográfica do país, são responsáveis por apenas 18,55% do PIB e, do total de residências do país sem atendimento energético, 81% delas estão localizadas nessas regiões. No entanto, pelos resultados da pesquisa, foi possível detectar que, utilizando as áreas desmatadas no Norte, seria possível gerar eletricidade para mais de 100% da demanda de 2010. No Nordeste, por sua vez, utilizando-se 5% da área selecionada no estudo, a energia solar poderia suprir 1,87% do consumo de 2010 desta região. Assim, pode-se afirmar que a produção de dendê para geração de energia elétrica é determinante para o abastecimento de eletricidade na região Norte. O mesmo não ocorre em termos de energia solar no nordeste.

A previsão de demanda de eletricidade no Brasil, para 2030, é de que atinja, ao menos, 847 TWh – um crescimento de 86%. Na região norte o aumento estimado foi de, no mínimo, 115%, e no Nordeste, 118%. Assim, considerando o melhor rendimento e maior utilização de área, o dendê ainda assim seria capaz de suprir mais de 46% da demanda prevista para a região Norte. Já a solar, atenderia aproximadamente 1,17% da demanda prevista para 2030 que seria de 186 milhões de MWh. Embora possa parecer um valor pouco expressivo poderá atender a região selecionada com baixo índice de eletrificação entre o Piauí e a Bahia.

No que se refere a renda gerada com a produção do dendê, a análise indicou que se poderá ter uma geração de renda de, no mínimo, R\$ 19 bilhões, com a criação de 3,9 milhões de empregos, o que representa 59% da quantidade de empregos na região, com exceção dos empregos gerados na Zona Franca de Manaus. No caso da energia solar, o emprego gerado estaria situado entre 185 a 1.852 empregos gerando uma receita tributária, através do ICMS, de aproximadamente R\$ 8,2 milhões. Estes fatores são extremamente relevantes visto que tais regiões são as mais desprovidas em termos econômicos do país, podendo-se, assim, a partir dessas fontes, gerar uma quantidade significativas de emprego, renda e de receita tributária.

Além desses benefícios, o dendê ao substituir o diesel utilizado nos Sistemas Isolados reduz a emissão dos Gases de Efeito Estufa (GEE), visto que sua plantação é capaz de absorver o gás carbônico emitido na atmosfera.

Por fim, ao analisar estas fontes alternativas admite-se que a produção de dendê no Norte para a geração de energia possa ser um fator transitório, considerando-se a possibilidade de integração desta região ao SIN e ao mesmo tempo, que há o risco de

expansão desordenada de produção do dendê que se não controlada poderá ampliar o desmatamento da Amazônia.

Este trabalho limitou-se a analisar apenas a possibilidade de geração de energia a partir do dendê e energia solar no Norte e Nordeste, respectivamente, para atendimento à demanda de 2030 e verificar os impactos econômicos nas regiões estudadas, verificando a oferta potencial dessas fontes.

Ampliando o tema deste trabalho, uma sugestão para a elaboração de trabalhos futuros seria verificar as novas atividades econômicas que poderiam ser implantadas com a introdução da cultura do dendê em larga escala, na região Norte, e as perspectivas para a energia solar em termos de viabilidade econômica, no Nordeste.

## REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira.** São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2011.
- AGROPALMA. Reunião do Grupo de Trabalho em Logística e Distribuição e Revenda de Biodiesel.** 2006. 1 fotografia.  
\_\_\_\_\_. Site Oficial. Disponível em: <[www.agropalma.com.br](http://www.agropalma.com.br)>. Acesso em: 05 jul. 2011.
- ANEEL.** Site Oficial. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>> Acesso em: 12 de jan. 2012.  
\_\_\_\_\_. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** Agência Nacional de Energia Elétrica: 2ª Edição, Brasília, 2005. Disponível para download em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/download.htm>>
- ANHALT, Jörgdieter. Custos de Energia Solar Fotovoltaica – Estudos de Caso.** Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis. Recife, [2007?]
- APAGÕES no Brasil aumentaram nos últimos três anos.** 5 Fev 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/brasil/noticia/2011/02/apagoes-no-brasil-aumentaram-nos-ultimos-tres-anos.html>> Acesso em: 12 fev. 2011.
- APEX BRASIL. Oportunidades e Estratégias para a atração de IEDs para a energia solar no Brasil. Unidade de Inteligência Comercial e Competitiva.** Brasília, 2011.
- BP.** Statistical Review of World Energy. Disponível em: <[http://www.bp.com/liveassets/bp\\_internet/globalbp/globalbp\\_uk\\_english/reports\\_and\\_publications/statistical\\_energy\\_review\\_2011/STAGING/local\\_assets/pdf/statistical\\_review\\_of\\_world\\_energy\\_full\\_report\\_2011.pdf](http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2011/STAGING/local_assets/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_report_2011.pdf)> Acesso em: 10 Fev. 2012.
- BRASIL.** Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **BEN – Balanço Energético Nacional: ano base 2010 – Relatório Final.** Rio de Janeiro, 2011, 267 p.
- BRASIL.** Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030.** Brasília. 2007.
- BRASIL. Portal Brasil.** Site Oficial. Disponível em: <[www.brasil.gov.br](http://www.brasil.gov.br)> Acesso em: 02 mar. 2012.
- CÂMARA, Carlos Fernando. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica.** Monografia de Graduação. Universidade Federal de Lavras, 2011.
- COELHO, Suani Teixeira et al. A Utilização do Óleo de Palma “in natura” como Combustível em Grupos Gerados a Diesel.** I Congresso Internacional de Bioenergia. Campo Grande, MS, Out. 2004.

\_\_\_\_\_. **Uso de Óleo de Palma “in natura” como Combustível em Comunidades Isoladas da Amazônia.** III Workshop Brasil-Japão em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Campinas, SP; Novembro 2005a.

\_\_\_\_\_. **Atlas de Bioenergia do Brasil.** Projeto Fortalecimento Institucional do CENBIO, convênio 007/2005 – MME. 2005b.

**CRESESB. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito.** Site Oficial. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)> Acesso em: 10 dez. 2011.

DICKISON, William C.; CHEREMISINOFF, Paul N. **Solar Energy Technology Handbook. Part B. Applications, Systems Design and Economics.** New York, 1980.

**ELETROBRÁS.** Site oficial. Disponível em: <[www.elektrobras.com](http://www.elektrobras.com)>. Acesso em: 01 jun. 2011a.

\_\_\_\_\_. GTON. Grupo Técnico Operacional da Região Norte. Plano de Operação 2011: Sistemas Isolados, 2011b.

\_\_\_\_\_. GTON. Grupo Técnico Operacional da Região Norte. Plano de Operação 2010: Sistemas Isolados, 2010.

EMBRAPA. DENDÊ: alternativa de agronegócio sustentável na Amazônia. **Dia de Campo na TV.** Produção: EMBRAPA Informação Tecnológica. 1 DVD (60 min), son., color. 2002.

**ENERGIA HOJE.** Revista. Site Oficial. Disponível em: <<http://www.energiahoje.com/brasilenergia/noticiario/2011/04/01/429196/mpx-taua-conta-os-dias.html>> Acesso em: 10 fev. 2011.

FACHIN, Patrícia. Brasil: **O Maior Consumidor de Agrotóxicos Agrícolas.** Revista Instituto Humanitas Unisinos. São Leopoldo, n. 296, ano XI, 2009.

FILHO, Antonio Ramalho; MOTTA, Paulo Emílio Ferreira. **Zoneamento Agroecológico do Dendezeiro para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Rio de Janeiro: Abril, 2010.

FURLAN JÚNIOR, José *et al.* **A Utilização do Óleo de Palma como Componente do Biodiesel na Amazônia.** Belém: EMBRAPA; Comunicado Técnico nº 103/ISSN 1517-2244. Dezembro, 2004.

\_\_\_\_\_. **Biodiesel:** Porque tem que ser dendê. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental; PALMASA, 2006.

GABLER, Hansjoerg. **Off-Grid Electricity with Photovoltaic Solar Energy – Current Trends in Households Electrification.** International PVSEC-14, Bangkok, Thailand. January, 2004.

GIAMPITEIRO, Ulisses; RACY, José. **Viabilidade Econômica da Energia Solar as Áreas Rurais do Nordeste Brasileiro.** Jovens Pesquisadores, 2004, p. 209 – 220.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.** 3ª Edição, São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 2008.

GTON. Grupo Técnico Operacional da Região Norte. **Plano de Operação 2010: Sistemas Isolados**. Fev, 2010.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>> Acesso em: 03 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Site. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)> Acesso em: 26 Mar 2012.

**IEA**. International Energy Agency. Energy Poverty: How to Make Modern Energy Access Universal? OCDE/IEA, 2010.

**IPEADATA**. Instituto de Pesquisa de Economia Aplicada. Disponível em: <[www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)> Acesso em: 08 Fev 2012

**IMPACTOS ambientais – Grão Mongol**. 2010. 1 fotografia, color. Disponível em: <<http://graoambientais.blogspot.com.br/2010/09/extracao-de-quartzo-regiao-de-grao.html>>. Acesso em: 01 Fev 2012.

JOSEFIAKI, Marília. **Energia Solar: Uma Alternativa para o Nordeste Brasileiro**. Monografia de Graduação. Unisinos, 2010.

**KYOCERA Solar**. Site. Disponível em: <[www.kyocerasolar.com.br](http://www.kyocerasolar.com.br)> Acesso em: 3 nov. 2011.

MENEZES, J. A. de S. **Terceiro ciclo industrial no amazonas**: contribuições do óleo de dendê como insumo energético (biodiesel e oleoquímico). Manaus: Governo do Estado do Amazonas, 1995.

**MME. Ministério de Minas e Energia**. Site Oficial. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)> Acesso em: 03 jan. 2012.

NUNES, Jacqueline L.; ALVES, Tiago W. **Produção de Biodiesel de Dendê nos Sistemas Isolados do Amazonas: Um Meio para a Geração de Desenvolvimento Sócio-Econômico para o Estado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 4 & SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE OLEAGINOSAS ENERGÉTICAS, 1, 2010, João Pessoa. Inclusão Social e Energia: Anais... Campina grande: Embrapa Algodão, 2010. p. 173-177.

OLIVEIRA, Adriano Santiago. Modalidades e Procedimentos Simplificados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. In: Maurício Tiomno Tolmasquim (Org). **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: COPPE: CENERGIA, 2004.

**ONS**. Organização Nacional do Sistema Elétrico. Site Oficial. Disponível em: <[www.ons.org.br](http://www.ons.org.br)> Acesso em 3 Nov 2011.

PARENTE, Valdeneide de Melo (Org). **Potencialidades Regionais: Estudo de Viabilidade Econômica – Dendê**. Manaus: SUFRAMA, 2003.

PHILIBERT, Cédric. **The Present and Future Use of Solar Thermal Energy as a Primary Source of Energy**. International Energy Agency, Paris, France, 2005.

PNAD. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Síntese de Indicadores** – renda e educação, 2009. Disponível em:

<[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/sintese\\_defaultpdf\\_educacao.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/sintese_defaultpdf_educacao.shtm)> Acesso em: 14 Nov. 2011

REIS, Leandro Ribeiro; FERNANDES, André Faria; SILVA, Fabiana Aparecida de Toledo. **Biodiesel como Fonte Alternativa de Energia Elétrica: Estudo do Óleo de Dendê**. Congresso CIDEL, Argentina, 2010.

SANTOS, Anamélia Medeiros. **Análise do Potencial do Biodiesel de Dendê para Geração de Energia Elétrica em Sistemas Isolados da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Estratégico). Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008.

SCHMIDT, Cristiane Alkmin Junqueira; LIMA, Marcos A. M. **A demanda por energia elétrica no Brasil**. Revista Brasileira de Economia, vol.58 n<sup>o</sup>.1. Rio de Janeiro, jan./mar. 2004.

SEAGRI/ BA. **Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária da Bahia**. Disponível em: <<http://www.seagri.ba.gov.br/Dende.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2009.

SEPOC 2011 – **Geração de Energia Solar Fotovoltaica – Desafios para sua Consolidação – Parte 1/5**. 2011. 1 post (14min 59s). Postado em 2011. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=WJXo-ZKxTWg&feature=g-vrec&context=G28f8ad0RVAAAAAAAAAAQ>>. Acesso em: 02 Mar 2012.

SIGEL. Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 18 fev. 2012.

**SUNNY DESIGN 2.20** – Software para planejamento de sistemas fotovoltaicos. Manual de utilização. Disponível em: <<http://files.sma.de/dl/2830/SDesign-BA-BPT120432.pdf>> Acesso em: 05 Fev 2012.

SWERA. Solar and Wind Energy Resource. Disponível em: <<http://en.openei.org/apps/SWERA/>>. Acesso em: 07 fev. 2012.

TIBA, Chigueru *et al.*. **Atlas Solarimétrico do Brasil**. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, 2000.

**UTILIZAÇÃO de energia solar pode ter incentivo fiscal**. 12 jan 2012. Disponível em: <<http://www2.camara.gov.br/agencia/noticias/MEIO-AMBIENTE/207770-UTILIZACAO-DE-ENERGIA-SOLAR-PODE-TER-INCENTIVO-FISCAL.html>> Acesso em: 03 fev. 2012.

VARELLA, Fabiana Carla de Oliveira Martins. **Estimativa do índice de Nacionalização dos Sistemas Fotovoltaicos no Brasil**. Tese de Doutorado: Universidade Estadual de Campinas, 2009.

VEJA Especial Amazônia. **Revista Veja**. Editora Abril. Setembro 2009. Ano 42.

VEJA. Revista Veja. Editora Abril. Novembro 2009. Edição 2139.

VIANNA, Fernanda Cristina. **Análise de Ecoeficiência: Avaliação do Desempenho econômico-ambiental do biodiesel e do petrodiesel.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2006. Disponível em: <[www.teses.usp.br](http://www.teses.usp.br)> Acesso em: 01 dez. 2011.

VILLAR, Pablo Diaz. **Confiabilidad de los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos: Aplicación a la Electrificación Rural.** Tese de Doutorado. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación. Madrid, 2003.

VILLELA, Alberto Arruda. **O Dendê como Alternativa Energética Sustentável na Amazônia.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

VILLERS, T. de; WATCHUENG, Samuel; SHANKER, Anjali; RAMBAUD-MÉASSON, Denis. **Successful PV SHS Project in Developing Countries? Barriers and Way Forward.** 19<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference. Paris, France. June, 2004.

VIRGILIO, Rodrigo Pietro da Piedade Coelho. **Solar Energy in Portugal: Development Perspectives Based on a Comparison with Germany.** Dissertação de Mestrado, Instituto Universitário de Lisboa, 2009.

WAINER, João. **Folha Online.** 2006. 1 fotografia. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u370015.shtml>>. Acesso em: 3 dez. 2009.

WEI, Max et. al. **Puttin Renewables and Energy Efficiency to Work: How Many Jobs Can the Clean Energy Industry Generate in the US?** Energy Police 38 (2010) 919 – 931

WISSING, Lothar. **National Survey Exchange and Dissemination of Information on PV Power Systems.** International Energy Agency, 2008.

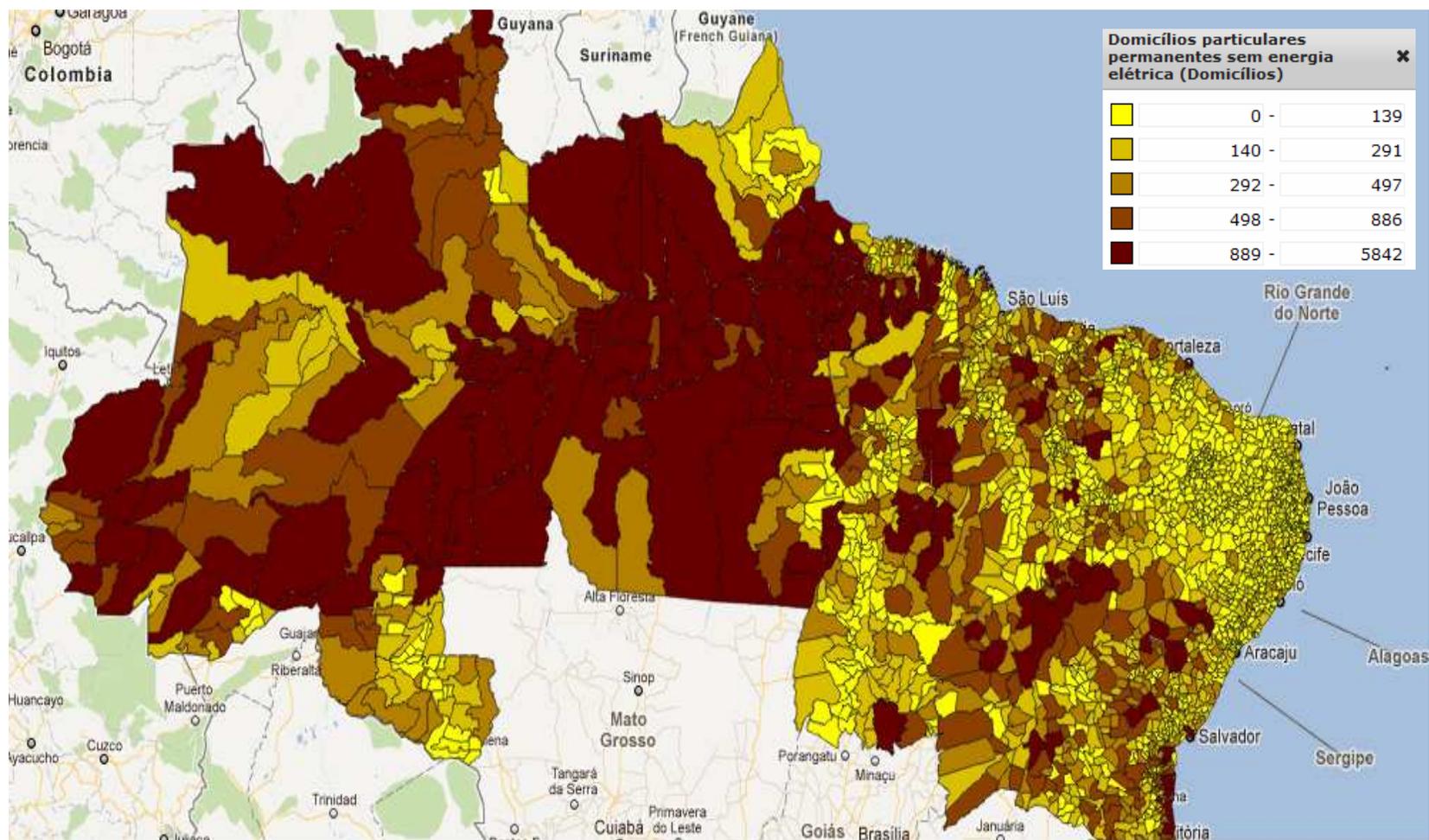
**ANEXOS**

**ANEXO A – Domicílios particulares permanentes, por existência de energia elétrica segundo as grandes regiões e unidades de federação (2010)**

<b>Grandes Regiões e Unidades da Federação</b>	<b>Domicílios particulares permanentes</b>	<b>Existência de energia elétrica (total)</b>	<b>Existência de energia elétrica (companhia distribuidora)</b>	<b>Existência de energia elétrica (outras fontes)</b>	<b>Existência de energia elétrica (não tinham)</b>
<b>Brasil</b>	<b>57.324.185</b>	<b>56.595.007</b>	<b>56.044.395</b>	<b>550.612</b>	<b>728.512</b>
<b>Região Norte</b>	<b>3.975.533</b>	<b>3.724.295</b>	<b>3.547.426</b>	<b>176.869</b>	<b>251.207</b>
Rondônia	455.599	442.296	438.920	3.376	13.300
Acre	190.645	177.844	173.751	4.093	12.796
Amazonas	799.629	746.336	691.828	54.508	53.290
Roraima	115.844	106.779	103.942	2.837	9.065
Pará	1.859.165	1.720.875	1.615.055	105.820	138.270
Paraná	156.284	153.643	149.306	4.337	2.641
Tocantins	398.367	376.522	374.624	1.898	21.845
<b>Região Nordeste</b>	<b>14.922.901</b>	<b>14.583.662</b>	<b>14.460.942</b>	<b>122.720</b>	<b>339.087</b>
Maranhão	1.653.701	1.590.020	1.578.969	11.051	63.673
Piauí	848.263	789.771	784.509	5.262	58.491
Ceará	2.365.276	2.340.224	2.331.412	8.812	25.045
Rio Grande do Norte	899.513	892.561	888.123	4.438	6.952
Paraíba	1.080.672	1.072.541	1.068.728	3.813	8.121
Pernambuco	2.546.872	2.531.369	2.511.190	20.179	15.495
Alagoas	842.884	833.428	825.550	7.878	9.456
Sergipe	591.315	585.501	582.223	3.278	5.807
Bahia	4.094.405	3.948.247	3.890.238	58.009	146.047
<b>Região Sudeste</b>	<b>25.199.799</b>	<b>25.133.234</b>	<b>24.937.720</b>	<b>195.514</b>	<b>66.211</b>
Minas Gerais	6.028.223	5.985.375	5.968.265	17.110	42.819
Espírito Santo	1.101.394	1.098.905	1.094.466	4.439	2.488
Rio de Janeiro	5.243.029	5.237.077	5.171.371	65.706	5.892
São Paulo	12.827.153	12.811.877	12.703.618	108.259	15.012
<b>Região Sul</b>	<b>8.891.279</b>	<b>8.859.224</b>	<b>8.829.870</b>	<b>29.354</b>	<b>31.979</b>
Paraná	3.298.578	3.283.914	3.271.898	12.016	14.656
Santa Catarina	1.993.097	1.988.625	1.983.848	4.777	4.455
Rio Grande do Sul	3.599.604	3.586.685	3.574.124	12.561	12.868
<b>Região Centro-Oeste</b>	<b>4.334.673</b>	<b>4.294.592</b>	<b>4.268.437</b>	<b>26.155</b>	<b>40.028</b>
Mato Grosso do Sul	759.299	749.165	745.823	3.342	10.133
Mato Grosso	915.089	898.399	887.440	10.959	16.659
Goiás	1.886.264	1.873.709	1.870.552	3.157	12.544
Distrito Federal	774.021	773.319	764.622	8.697	692

Fonte: IBGE (2012)

## ANEXO B – Domicílios permanentes sem energia elétrica



Fonte: IBGE (2012)

## ANEXO C – Sistemas solares instalados no Brasil por potência e ano de instalados

Descrição do Sistema	Potência (kWp)	Ano de instalação
LABSOLAR - UFSC (prédio da engenharia)	11,0	1995
LSF-IEE-USP (Lab. Sistemas fotovoltaicos)	0,8	1998
LABSOLAR - UFSC (centro de convivência)	1,1	2000
LSF-IEE-USP (Prédio da Adm.)	6,3	2001
LABSOLAR - UFSC (Centro de eventos)	10,2	2002
CEPEL (bloco J)	16,3	2002
Intercâmbio Eletro Mecânico	3,3	2002
Grupo FAE-UFPE (Fernando de Noronha - PE)	2,4	2002
CELESC (Sede Florianópolis - SC)	1,4	2003
CELESC (Regional Lajes - SC)	1,4	2003
CELESC (Regional Tubarão - SC)	1,4	2003
LSF-IEE-USP (Lab. Sistemas fotovoltaicos)	6,0	2003
UFRGS (Prédio Engenharia Mecânica)	4,8	2004
CEMIG (Laboratório de Sementes)	3,0	2004
LSF-IEE-USP (Estacionamento)	3,0	2004
Grupo FAE-UFPE (Recife - PE)	1,3	2005
Clínica Harmonia (SP)	0,9	2005
UFJF (Faculdade de Engenharia)	31,7	2006
CEMIG (CPEI-CEFET-MG)	3,2	2006
CEMIG (GREEN-PUC-MG)	2,1	2006
CEMIG (EFAP - Sete Lagoas MG)	3,0	2006
Casa Eficiente - Eletrosul	2,3	2006
GREENPEACE (Sede São Paulo-SP)	2,8	2007
Grupo FAE-UFPE (Restaurante Lampião-PE)	1,5	2007
Residência particular (Recife-PE)	1,0	2007
GEDAE-UFPA	1,6	2007
LH2-Unicamp	7,5	2007
Residência particular (São Paulo - SP)	2,9	2008
Solaris (Leme-SP)	1,0	2008
Zeppini (MotorZ)	2,4	2008
Zeppini (Fundição Estrela)	14,7	2008
Eletrosul (Estacionamento da Sede)	12,0	2009
Tractebel (Hospital Universitário da UFSC)	2,0	2009
Tractebel (Colégio de Aplicação da UFSC)	2,0	2009
Tractebel (Aeroporto Hercílio Luz - SC)	2,0	2009
Eficiência Máxima Consultoria (Brumadinho-MG)	3,6	2010
MPX Tauá	1,0*	2011

\* em MW

Fonte: CÂMARA (2011)

## ANEXO D – Rede Multimodal de Transportes do Brasil



Fonte: ANTT (2012)