

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNA CHAVES BRASILEIRO

ANÁLISE DE UM MODELO ENERGÉTICO BASEADO NO USO DA BIOMASSA  
RESIDUAL LOCAL EM COMUNIDADES ISOLADAS NO ENTORNO DA UHE DE  
TUCURUÍ, PA

DM 02/2017

UFPA/ITEC/PPGEE  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

BRUNA CHAVES BRASILEIRO

ANÁLISE DE UM MODELO ENERGÉTICO BASEADO NO USO DA BIOMASSA  
RESIDUAL LOCAL EM COMUNIDADES ISOLADAS NO ENTORNO DA UHE DE  
TUCURUÍ, PA

Dissertação submetida à Banca Examinadora  
do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica da Universidade Federal  
do Pará para obtenção do Grau de Mestra em  
Engenharia Elétrica na área de Sistemas de  
Energia Elétrica.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Brigida Ramati Pereira  
da Rocha

UFPA/ITEC/PPGEE  
Campus Universitário do Guamá  
Belém-Pará-Brasil  
2017

---

Brasileiro, Bruna Chaves, 1991 -

Análise de um modelo energético baseado no uso da biomassa residual local em comunidades isoladas no entorno da UHE de Tucuruí, Pa / Bruna Chaves Brasileiro.- 2017.

Orientadora : Brígida Ramati Pereira da Rocha  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,  
Instituto  
de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica ,  
Belém, 2017.

1. Energia – fontes alternativas – Amazônia. 2. Recursos energéticos – Amazônia – planejamento. 3. Energia da biomassa. I. Título.

CDD 23. ed. 333.7909811

---

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

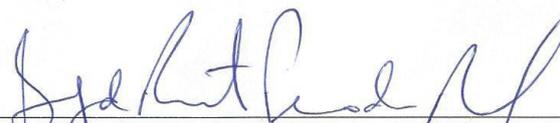
**“ANÁLISE DE UM MODELO ENERGÉTICO BASEADO NO USO DA BIOMASSA RESIDUAL LOCAL  
EM COMUNIDADES ISOLADAS NO ENTORNO DA UHE DE TUCURUÍ, PA”**

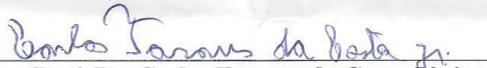
AUTORA: **BRUNA CHAVES BRASILEIRO**

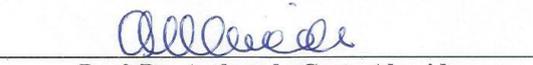
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA APROVADA PELO  
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, SENDO  
JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA  
ELÉTRICA NA ÁREA DE SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA.

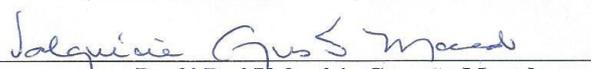
APROVADA EM: 16/01/2017

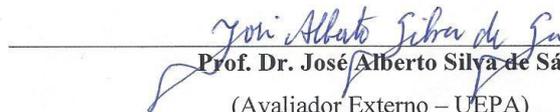
**BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Prof.ª Dr.ª Brígida Ramati Pereira da Rocha**  
(Orientadora – PPGEE/UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Carlos Tavares da Costa Júnior**  
(Avaliador Interno – PPGEE/UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Arthur da Costa Almeida**  
(Avaliador Externo ao Programa – CCAST/UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof.ª Dr.ª Valquíria Gusmão Macedo**  
(Avaliadora Externa ao Programa – FEE/UFPA)

  
\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. José Alberto Silva de Sá**  
(Avaliador Externo – UEPA)

**VISTO:**

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Evaldo Gonçalves Pelaes**  
(Coordenador do PPGEE/ITEC/UFPA)

*Dedico este trabalho*

*Aos meus pais Evandro e Marcia Brasileiro, minhas fontes de amor, incentivo e persistência para vencer as dificuldades.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Evandro e Márcia Brasileiro, pelo conforto e fortaleza em todos os momentos.

À minha família pelo apoio e incentivo.

Aos meus amigos, Carmela Oliveira, Ivanês Lian Araújo, Noemy Pereira, Pedro Rezende, Orlando Ferreira e Fábio Lameira, que sempre acompanharam minha jornada desde a graduação em Engenharia Elétrica até a realização deste trabalho.

Aos meus amigos do grupo ENERBIO, Adonis Leal, Rafael Muniz e Ricardo Kühl.

À minha orientadora Brigida Ramati Pereira da Rocha por seus conselhos, dedicação e paciência durante todos os anos que trabalhamos juntas.

Ao professor José Alberto Silva de Sá, que durante os anos de trabalho juntos sempre se mostrou disponível e dedicado para solucionar os mais variados problemas.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições neste trabalho.

Aos professores do PPGEE, pelos conhecimentos adquiridos.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	<b>PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESE</b>	<b>2</b>
1.2	<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
1.2.1	Objetivo geral	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>3</b>
1.4	<b>ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>5</b>
2.1	<b>PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E AQUECIMENTO GLOBAL</b>	<b>5</b>
2.1.1	Protocolo de Quioto e Mudanças Climáticas	5
2.1.2	Contribuição das Partes na UNFCCC	8
2.1.3	Acordo de Paris	10
2.1.4	Compromissos Nacionais Diante das Mudanças Climáticas	11
2.2	<b>PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS</b>	<b>12</b>
2.2.1	Histórico	12
2.2.2	Conceito	124
2.2.3	Etapas do PIR	126
2.2.3.1	<i>Gerenciamento do Lado da Oferta</i>	128
2.2.3.2	<i>Gerenciamento pelo Lado da Demanda</i>	19
2.2.4	PIR Aplicado às Comunidades Isoladas na Amazônia	21
2.2.4.1	<i>Disposição dos Sistemas Energéticos</i>	21
2.2.4.2	<i>Classificação do Atendimento de Energia</i>	23
2.2.4.3	<i>Componentes e Barreiras para Implementação do PIR em Comunidades Isoladas</i>	25
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO: COMUNIDADES ISOLADAS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA UHE DE TUCURUÍ</b>	<b>27</b>
3.1	<b>CONTEXTO</b>	<b>27</b>
3.2	<b>DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>27</b>
3.2.1	Comunidades do Entorno do Lago da UHE de Tucuruí	29
3.3	<b>DIAGNÓSTICO DAS COMUNIDADES DA RDS ALCOBAÇA</b>	<b>31</b>
3.3.1	População	31
3.3.2	Aspectos Socioambientais	33
3.3.3	Educação	31
3.3.4	Aspectos Econômicos	31

3.3.5	Aspectos Energéticos	31
<b>4</b>	<b>POTENCIAL DE BIOMASSA RESIDUAL, SOLAR E EÓLICO</b>	<b>43</b>
4.1	CONTEXTO	43
4.2	POTENCIAL DE BIOMASSA	43
4.2.1	Características do Açaí	43
4.2.2	Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará	43
4.2.3	Biomassa Residual no Entorno do Lago de Tucuruí	43
4.3	POTENCIAL SOLAR	50
4.4	POTENCIAL EÓLICO	52
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS</b>	<b>54</b>
5.1	CONTEXTO	54
5.2	SISTEMA BIOMASSA	56
5.3	SISTEMA FOTOVOLTAICO	61
5.4	SISTEMA EÓLICO	58
5.5	SISTEMA DIESEL	64
5.6	VALOR PRESENTE LÍQUIDO	65
5.7	ANÁLISE E DISCUSSÃO	67
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>69</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>73</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processo esquemático do PIR _____	17
Figura 2 - Estratégias de gerenciamento da curva de carga _____	21
Figura 3 - Distribuição territorial esquemática das populações da Amazônia. _____	22
Figura 4 - Mapa do Lago de Tucuruí contendo o mosaico de Unidades de Conservação _____	28
Figura 5 – Localização dos setores censitários pelo IBGE _____	31
Figura 6 – Pirâmides etárias para os setores censitários (a), (b) e (c) _____	32
Figura 7 – Domicílios particulares permanentes segundo o indicador esgotamento sanitário _____	33
Figura 8 – Domicílios particulares permanentes segundo o indicador abastecimento de água _____	34
Figura 9- Domicílios particulares permanentes segundo a destinação do lixo _____	35
Figura 10 – Rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis residentes na região da reserva _____	36
Figura 11 – Domicílios segundo indicador acesso à energia elétrica _____	42
Figura 12 - Açázeiro _____	44
Figura 13 – Quantidade da produção da extração vegetal do fruto do açaí (ton) - Pará _____	45
Figura 14 – Principais regiões do estado do Pará na produção do açaí _____	46
Figura 15 - Área agrícola de Açá (Euterpe oleracea Mart.), na RDS do Alcobaça, nas coordenadas S 03° 47.294' e W 49° 48.845' _____	50
Figura 16 – Radiação solar anual média _____	51
Figura 17 – Irradiação solar diária media no plano horizontal em Tucuruí, PA _____	51
Figura 18 – Irradiação solar diária média mensal no plano inclinado em Tucuruí, PA _____	52
Figura 19 – Velocidade média do vento no município de Tucuruí, PA _____	53
Figura 20 – Localização da área de estudo (retângulo vermelho), Vila Cametá, Tucuruí - PA _____	55
Figura 21 - Freqüência de ocorrência de vento baseada na Distribuição de Weibull, para diferentes valores de k _____	62
Figura 22 – Gráfico de Distribuição de Weibull x Histograma para região de Tucuruí, PA _____	63
Figura 23 – Fluxo de Caixa para o Sistema Biomassa _____	66
Figura 24 – Fluxo de Caixa para o Sistema Fotovoltaico _____	66
Figura 25 – Fluxo de Caixa para o Sistema Diesel _____	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características da Universalização de Moradias Rurais na AML-Brasileira	23
Tabela 2 - Classificação dos Novos Atendimentos Rurais na AML-Brasleira	24
Tabela 3 – Descrição do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí	29
Tabela 4 - Levantamento das comunidades da reserva Alcobaça.	30
Tabela 5 – População das comunidades da RDS Alcobaça por setor censitário	30
Tabela 6 - Projeção do balanço energético de dez famílias do entorno do reservatório da hidrelétrica de Tucuruí para 2006	38
Tabela 7 - Levantamento da quantidade de equipamentos nas comunidades do Caraipé e Ararão	40
Tabela 8 - Distribuição da safra no decorrer do ano	44
Tabela 9 – Quantificação da biomassa da palmeira Euterpe oleracea [Mart] (Açaí)	49
Tabela 10 – Vantagens e desvantagens das formas de conversão energética de biomassa	56
Tabela 11 – Custos do sistema do sistema de biomassa para gaseificador de 1 kW	58
Tabela 12 – Grandezas referentes ao sistema eólico para Tucuruí, PA	63
Tabela 13 – Custos do sistema fotovoltaico 275 Wp	61
Tabela 14 – Custos do sistema Diesel	65
Tabela 15 – Valores de VPL para os sistemas analisados	67

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IPS</b>	Índice de Progresso Social
<b>PIR</b>	Planejamento Integrado de Recursos
<b>UHE</b>	Usina Hidrelétrica de Tucuruí
<b>RDS</b>	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
<b>SIDRA</b>	Sistema IBGE de Informações Geográficas
<b>CRESESB</b>	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
<b>UNFCCC</b>	<i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i>
<b>GEE</b>	Gases de Efeito Estufa
<b>RCEs</b>	Reduções Certificadas de Emissões
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
<b>iNDC</b>	<i>intended Nationally Determined Contribution</i>
<b>AWWA</b>	<i>American Water Works Association</i>
<b>GD</b>	Geração Distribuída
<b>GLD</b>	Gerenciamento pelo Lado da Demanda
<b>AS-Int</b>	Atendimento a partir do Sistema Interligado
<b>AS-Isol</b>	Atendimento a partir dos Sistemas Isolados
<b>ANGD-MR</b>	Atendimento com Nova Geração Distribuída e Minirrede
<b>ANGD-FV</b>	Atendimento com Nova Geração Distribuída de Fonte Fotovoltaica
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental
<b>ZPVS</b>	Zonas de Proteção da Vida Silvestre
<b>INEP</b>	Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
<b>MAB</b>	Movimento dos Atingidos por Barragens
<b>tep</b>	tonelada equivalente de petróleo

<b>SEDAP</b>	Secretaria do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca
<b>SEMAS</b>	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade
<b>VPL</b>	Valor Presente Líquido
<b>TMA</b>	Taxa Mínima de Atratividade
<b>TJLP</b>	Taxa de Juros De Longo Prazo
<b>BNDES</b>	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

## RESUMO

A Amazônia, embora seja de grande importância ambiental e econômica, ainda possui baixa capacidade de implementação efetiva de ações inclusivas energéticas que proporcionem maior desenvolvimento econômico e social voltadas principalmente para as populações tradicionais amazônicas. A proposta desta dissertação é estudar o potencial dos recursos existentes em prol das comunidades isoladas através do Planejamento Integrado de Recursos, uma vez que os recursos energéticos localmente disponíveis não recebem atenção e investimento suficiente porque são considerados mercados de baixo lucro tornando-as dependentes de combustíveis fósseis. A pesquisa analisou um estudo de caso realizado no município de Tucuruí, Estado do Pará, onde se localiza a segunda maior usina hidrelétrica do Brasil (capacidade instalada de 8,370 MW) e há conflitos sócio espaciais envolvendo diversos atores, principalmente populações tradicionais afetadas pela construção da usina. A área estudada está localizada em ilhas no entorno do lago da Usina Hidroelétrica de Tucuruí, que compõe a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) de Alcobaça. As populações residentes dessas ilhas enfrentam dificuldades de acesso à energia elétrica, além da precariedade dos serviços públicos em saúde, saneamento, infraestrutura e educação. A maioria das famílias da região sobrevive com até salário mínimo por mês e muitas vezes dependem do comércio local para o escoamento da produção, especialmente peixes. Foi realizado um estudo de um modelo viável para a região, focado no aproveitamento do potencial local da biomassa (caroços de açaí) para geração de energia elétrica em residências isoladas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amazônia, Biomassa, Comunidades Isoladas, Energia Renovável.

## ABSTRACT

*The Amazon region, although its great environmental and economic importance, still has a low capacity for an effective implementation of inclusive energy actions to provide greater economic and social development directed mainly to traditional Amazonian populations. The purpose of this dissertation is to study the potential of the existing resources in favor of isolated communities through of the Integrated Resource Planning, since locally available energy resources do not receive enough attention and investments because they are considered low-profit markets making it dependent on fossil fuels. The research analyzed a case study performed in Tucuruí municipality, Pará State, where the second largest Brazil hydropower plant (with an installed capacity of 8.370 MW) is located, which creates a scenario of social-spatial conflicts involving many groups, including traditional populations that are affected by the construction of the power plant. The studied area is located on islands around the lake of the Hydroelectric Plant of Tucuruí, forming the Alcobaça Sustainable Development Reserve (SDR). Resident populations in these islands face difficulties on accessing electricity, as well as precariousness of public services in health, sanitation, infrastructure and education. Most of the region's families survive on even minimum wages monthly and often rely on local trade for the outflow of production, especially fish. A research study was conducted to examine a feasible model for the region, focused on the use of the local potential of biomass (açai lumps) for electric power generation in isolated residences.*

**KEYWORDS:** *Amazon, Biomass, Isolated Communities, Renewable Energy.*

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia legal possui área total de 5 016 136,3 km<sup>2</sup> e representa 59% do território brasileiro, abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Maranhão e Goiás, sendo que, nos três últimos, a abrangência é parcial, compreendendo 98% da área do Tocantins, 79% do Maranhão e apenas 0,8% de Goiás (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Embora seja uma região extensa e possua significativa importância ambiental e econômica, principalmente, ainda não há efetivo posicionamento prático por parte das ações públicas em implementar programas energéticos que proporcionem maior desenvolvimento econômico e social especialmente às populações tradicionais excluídas do acesso de distribuição de energia elétrica.

O Índice de Progresso Social (IPS) médio na Amazônia brasileira (57,31) é inferior à média nacional (67,73), mostrando que as populações que habitam a região enfrentam precariedade em quase todas as componentes analisadas, como por exemplo, em serviços básicos de acesso à água e saneamento, educação básica de baixa qualidade, o que dificulta a entrada no nível superior, além de outras problemáticas como violência e gravidez precoce (SANTOS et al., 2014).

Diante desse cenário, torna-se necessário avaliar novas abordagens que sejam mais adequadas à realidade amazônica, trazendo maior desenvolvimento econômico aliado ao social e ambiental. A preocupação com os impactos das hidrelétricas de grande porte na Amazônia e o consumo de combustíveis fósseis são problemáticas que incentivam ainda mais a adoção de um modelo energético associado ao uso de energias renováveis. O Planejamento Integrado de Recursos (PIR), diferentemente da abordagem tradicional, avalia os lados da oferta e demanda de recursos alternativos de energia, analisando aspectos técnicos, sociais, ambientais, políticos e econômicos envolvidos, além de considerar incertezas, externalidades e necessidades dos envolvidos e interessados dentro e fora da comunidade (UDAETA et al., 2004).

No caso dos sistemas isolados na região Amazônica, a implementação de um modelo de planejamento baseado no PIR apresenta desafios ainda maiores do que o modelo tradicional e serão discutidos ao longo deste trabalho. Nesse contexto, os

recursos energéticos disponíveis localmente não recebem devida atenção e investimento necessário por serem vistos como mercados de baixa rentabilidade, o que torna os sistemas isolados dependentes de combustíveis fósseis.

Este trabalho busca discutir propostas baseadas no PIR para os sistemas isolados na Amazônia, onde foi utilizado um estudo de caso realizado no estado do Pará, município de Tucuruí, onde está localizada a segunda maior hidrelétrica do Brasil (capacidade instalada de 8.370 MW) e cenário de conflitos socioespaciais que envolvem diversos agentes principalmente populações tradicionais que foram atingidas pela construção da usina.

O objeto de estudo compreendeu a área das ilhas localizadas no entorno do reservatório da usina que compõem a área da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça, cuja maioria da população residente nessas ilhas é composta de famílias de pescadores que possuem pouco ou nenhum acesso à energia elétrica, além de enfrentarem precariedades de serviços básicos e infraestrutura local.

## **1.1 PROBLEMATIZAÇÃO E HIPÓTESE**

A região Amazônica, pela imensidão de sua área e riqueza de recursos naturais, requer um planejamento direcionado para um modelo de desenvolvimento baseado na exploração responsável e eficiente destes recursos, de modo que as populações tradicionais da região possam usufruir dos benefícios desse modelo sem perder suas características intrínsecas. A utilização desses recursos para promoção do desenvolvimento local ainda é um desafio em áreas remotas da Amazônia, onde há pouco interesse por parte das políticas públicas, o que contraditoriamente faz com que muitas famílias dependam de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica em uma região com elevado potencial para inserção de fontes renováveis de energia.

Este trabalho realizou um estudo comparativo para análise da viabilidade de um sistema energético mais adequado à realidade das comunidades isoladas localizadas nas ilhas do entorno da UHE de Tucuruí com a finalidade de expor as condições existentes para geração de energia elétrica nessas comunidades a partir

da biomassa residual local de caroços de açaí, além de levantar o potencial da região para possível inserção de outras fontes renováveis como solar e eólica.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo geral**

O objetivo desta pesquisa foi realizar um estudo baseado no Planejamento Integrado de Recursos (PIR) a partir do levantamento do potencial energético do município de Tucuruí, avaliando assim, além da possibilidade do uso da biomassa residual local em residências isoladas, outras fontes renováveis como solar e eólica, comparando com o sistema mais comum (diesel) nas comunidades localizadas nas ilhas da Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Coletar informações acerca das condições sociais, ambientais, econômicas e energéticas das comunidades isoladas localizadas no entorno da UHE de Tucuruí;
- Levantar o potencial energético na região de Tucuruí para inserção de fontes renováveis (biomassa, fotovoltaico e eólico);
- Dimensionar sistemas para atendimento energético de residências isoladas em modelo baseado em fontes renováveis (biomassa, eólico, fotovoltaico) e Diesel, a fim de avaliar a viabilidade econômica, ambiental e social baseada no PIR.

## **1.3 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

A análise deste trabalho foi feita baseada em dados retirados do Projeto “Levantamento do Potencial de Biomassa para Produção de Energia Elétrica, em Comunidades Isoladas, no Entorno do Reservatório da UHE-Tucuruí” realizado no ano de 2006 pela Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. e coordenado pela Professora Dra. Brigida Ramati Pereira da Rocha (Universidade Federal do Pará), informações adquiridas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em planilhas eletrônicas no formato .xlsx (Office Excel) disponíveis nos resultados do Censo 2010 e planilhas eletrônicas disponíveis no

Sistema IBGE de Informações Geográficas – SIDRA e levantamento de dados solar e eólico por meio do simulador disponível no Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB.

#### **1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

No primeiro capítulo deste trabalho é apresentada a motivação para a realização do mesmo, os objetivos e aspectos metodológicos;

No segundo capítulo é apresentado o referencial teórico sobre temas inerentes ao planejamento energético, mudanças climáticas, políticas energéticas, Planejamento Integrado de Recursos e o contexto dos Sistemas Isolados na Amazônia.

O terceiro capítulo é dedicado ao estudo de caso das comunidades isoladas no entorno da UHE de Tucuruí, onde é feita a caracterização e diagnóstico dessas comunidades.

O quarto capítulo explora o potencial para inserção de fontes renováveis na região estudada, realizando levantamento do potencial de biomassa, solar e eólico.

O quinto capítulo analisa as possibilidades de sistemas energéticos para a região estudada e discute a sua viabilidade baseado no PIR e na realidade amazônica.

O sexto capítulo apresenta as conclusões deste trabalho.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E AQUECIMENTO GLOBAL**

Impulsionadas pelos desafios encontrados diante das mudanças climáticas, nos últimos anos, as nações ao redor do mundo têm se preocupado em revolucionar o setor energético através de soluções científicas e tecnológicas inovadoras, além de mais seguras economicamente para contornar os desafios ambientais. Esse conjunto de medidas estratégicas são elaboradas com a intenção de executar ações; por isso, é utilizado o conceito de planejamento, que é o ato de planejar previamente planos e ações.

O setor elétrico tem precisado constantemente se reinventar de forma mais eficiente e segura, associado às restrições ambientais especialmente acerca das emissões de gases de efeito estufa. Durante o período de 2005-2014, 91% das emissões totais foram causadas por combustíveis fósseis e indústria, e 9% devido ao uso da terra em desmatamento de florestas para uso agrícola, incluindo a queima a céu aberto de biomassa e interferência na quantidade de estoques existentes de biomassa. O total de emissões foi dividido entre a atmosfera (44%), oceano (26%) e terra (30%) (LÉ QUERÉ et al., 2015).

As atividades antrópicas desde a revolução industrial, especialmente as emissões acumuladas de dióxido de carbono e o consumo intensivo de combustíveis fósseis pelos países desenvolvidos, resultaram em um aumento significativo da concentração atmosférica de gases de efeito estufa com alterações climáticas exacerbadas caracterizadas principalmente pelo aquecimento global. Essas alterações climáticas têm impactos significativos sobre os ecossistemas naturais em escala mundial, causando elevação da temperatura e elevação do nível do mar, bem como eventos climáticos extremos mais frequentes, os quais representam um enorme desafio para a sobrevivência e desenvolvimento da humanidade.

#### **2.1.1 Protocolo de Quioto e Mudanças Climáticas**

A mudança climática é um desafio global que requer a colaboração da comunidade internacional. Durante anos, em conformidade com os princípios da equidade mas responsabilidades diferenciadas e respectivas capacidades, as Partes

na Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (em inglês, *United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC*), têm trabalhado para reforçar a cooperação e alcançaram uma evolução positiva na implementação da Convenção. Para desenvolver ainda mais a plena, efetiva e sustentada implementação da Convenção, as negociações e consultas estão em curso sobre as ações reforçadas para um cenário além de 2020, de modo a atingir um acordo na Conferência das Partes da Convenção de Paris no final no final de 2015. Certamente essas ações trarão uma nova perspectiva para o desenvolvimento sustentável e de redução de combustíveis fósseis e emissões globais de gases de efeito estufa (NATIONAL DEVELOPMENT & REFORM COMMISSION OF CHINA, 2015).

Esse planejamento é encorajado para que as nações promovam cenários futuros que respeitem os acordos firmados baseados no Protocolo de Quioto, que consistiu em um acordo internacional vinculado à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, que compromete suas Partes, estabelecendo metas de redução de emissões vinculativas internacionalmente.

Este acordo reconhecia que os países desenvolvidos eram os principais responsáveis pelos elevados níveis de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera como resultado de mais de 150 anos de atividade industrial; sendo assim, o protocolo colocou uma carga mais pesada em nações desenvolvidas sob o princípio de "responsabilidades comuns mas diferenciadas". O Protocolo de Quioto foi adotado em Quioto, Japão, em 11 de Dezembro de 1997 e entrou em vigor em 16 de Fevereiro de 2005. As regras pormenorizadas para a implementação do Protocolo foram adotadas na COP 7 em Marraquekesh, Marrocos, em 2001, e são referidos como o "Acordo de Marrakesh". O seu primeiro período de compromisso começou em 2008 e terminou em 2012 (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2014).

A característica central do Protocolo de Quioto era a sua exigência de que os países devem limitar ou reduzir os níveis de suas emissões de gases de efeito estufa. Com a definição desses objetivos, a redução de emissões assumiu valor econômico.

No intuito de ajudar os países a atingir suas metas de emissões no âmbito do Protocolo de Quioto e para encorajar o setor privado e os países em

desenvolvimento para contribuírem para os esforços de redução de emissões, os negociadores do Protocolo incluíram três mecanismos baseados no mercado - Comércio Internacional de Emissões (*International Emissions Trading* - IET), o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (*Clean Development Mechanism* - CDM) e Implementação Conjunta (*Joint Implementation* - JI). Dessa forma, o funcionamento desses mecanismos está descrito abaixo, conforme o documento *The Kyoto Protocol Mechanisms* (UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2010):

- O Comércio Internacional de Emissões: Está previsto no artigo 17 do Protocolo de Quioto que os países com compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Quioto podem adquirir unidades de emissão de outros países que possuam compromissos no Protocolo e usá-los para atender a uma parte dos seus objetivos previstos no Protocolo de Quioto. Sendo assim, as transações internacionais são feitas por um sistema de contabilidade baseada em software que garante a transferência segura de unidades de redução de emissões (URE) entre países. O Protocolo de Quioto estimulou a criação de um esquema de negociação da União Europeia, o qual diante desse fato, é possível prever o crescimento e vinculação dos mercados de emissões globalmente.
- O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Está previsto no artigo 12 do Protocolo de Quioto e permite a redução de emissões (ou remoção de emissões) em países em desenvolvimento para ganhar reduções certificadas de emissões (RCEs), que é equivalente a uma tonelada de CO<sub>2</sub>. Essas RCEs podem ser negociadas e vendidas podendo ser utilizadas pelos países industrializados para atender a uma parte do suas metas de redução de emissões no âmbito do Protocolo de Quioto. O MDL estimula o desenvolvimento sustentável e a redução de emissões, propiciando aos países industrializados flexibilidade na forma como cumprem suas metas de redução ou limitação de emissões.
- Implementação Conjunta: Este mecanismo está no Artigo 6 do Protocolo de Quioto e através da IC um país com uma redução ou limitação de emissões sob compromisso do Protocolo de Quioto pode participar de projetos na redução de emissões (ou remoção de emissões) em qualquer outro país com

um compromisso no âmbito do Protocolo, contabilizando a seu favor as emissões reduzidas (Unidade de Redução de Emissões - ERU). Através da Implementação Conjunta, um país industrializado, negociando bilateralmente, pode compensar suas emissões participando de sumidouros e projetos ambientalmente otimizados, obtendo menores custos de implementação, produzindo bens e serviços originais, emitindo Gases de Efeito Estufa em menores proporções, se comparado à implementação de um projeto não-otimizado.

Portanto, esses mecanismos de Quioto visavam estimular o desenvolvimento sustentável por meio de transferência de tecnologia e investimento, além de ajudar os países com compromissos no Protocolo a cumprir suas metas, reduzindo ou removendo as emissões de carbono da atmosfera em outros países de uma forma eficaz em termos de custos, promove o incentivo do setor privado e os países em desenvolvimento a contribuir para os esforços de redução de emissões.

Dentro das premissas dadas, as emissões globais diminuiriam para  $9,7 \pm 0,5$  GtC ( $35,7 \pm 1,8$  GtCO<sub>2</sub>) em 2015, mas ainda estão 59% acima de 1990. Em 2014, as maiores contribuições em emissões globais de CO<sub>2</sub> eram da China (27%), Estados Unidos (15%), União Europeia (28 Estados-Membros; 10%) e Índia (7%), com as percentagens em relação ao total global.

### **2.1.2 Contribuição das Partes Na UNFCCC**

Para o melhor entendimento sobre os instrumentos de ação das nações e contribuições pretendidas no contexto das negociações que respeitem plenamente os princípios e as disposições da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima em particular o princípio de responsabilidades comuns, mas diferenciadas e respectivas capacidades das Partes, é necessário entender o fundamento histórico que originou essa Convenção.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima foi adotada durante a Cúpula da Terra (ECO – 92), no Rio de Janeiro, em 1992. Esta Convenção-Quadro é uma convenção universal que parte do princípio de reconhecer a existência de uma mudança climática antropogênica (causada pelo

homem) e responsabilizando em grande parte os países industrializados no combate à essas mudanças.

A adoção do Protocolo de Quioto na ECO - 92 foi um marco nas negociações internacionais no combate às alterações climáticas. Pela primeira vez, metas de redução de emissões de gases de efeito estufa de ligação foram definidas para os países industrializados. O protocolo, que entrou em vigor em 2005, destinava-se a cobrir o período 2008-2012. A visão de longo prazo foi introduzida pelo Plano de Ação de Bali, em 2007, que estabeleceu prazos para as negociações com vista a alcançar um acordo sucessor do Protocolo de Kyoto, que expiraria em 2012. Esperava-se que um acordo seria alcançado até Dezembro de 2009.

Apesar de Copenhague, na Dinamarca, não resultou na adoção de um novo acordo, COP15/CMP5 reconheceu o objetivo comum de manter o aumento da temperatura global abaixo de 2 °C. Além disso, os países industrializados comprometeram-se em investir US\$ 100 bilhões por ano até 2020 para ajudar os países em desenvolvimento na adaptação à mudança climática e mitigação de impactos. Em Cancún, México, em 2010, a meta de manter o aumento da temperatura abaixo de 2 °C tornou-se mais real através da criação de instituições dedicadas em agir em pontos importantes, tais como a criação do Fundo Verde para o Clima.

A vontade de agir em conjunto se refletiu na criação, em 2011, da Plataforma de Ação Avançada de Durban, que afirma a necessidade de atingir um acordo global abrangente sobre mudanças climáticas até 2015, vigendo a partir de 2020. A intenção é vincular legalmente todos os principais países (incluindo os Estados Unidos e a China) a respeito de reduções de emissões de CO<sub>2</sub>. Alguns participantes consideraram a Plataforma um “marco”, uma vez que este sinaliza que, a despeito das clivagens entre países desenvolvidos e em desenvolvimento, negociações podem avançar. Entretanto, o processo através do qual o acordo foi logrado traz à tona diferenças entre os países em desenvolvimento, as quais comprometem qualquer tentativa de tratar os BRICS como um “ator” coerente na temática de mudanças climáticas (BRICS POLICY CENTER, 2015; UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, 2015).

No intervalo até que um acordo multilateral juridicamente vinculativo seja implementado em 2020, a Conferência de Doha (Qatar) em 2012 estabeleceu um

segundo período de compromisso do Protocolo de Quioto (2013-2020), que foi ratificado por um número de países industrializados. As Conferências de Mudanças Climáticas, em Varsóvia, na Polônia, em 2013, e Lima, Peru, em 2014, permitiu progressos essenciais para a COP21 em Paris, em 2015. Todos os Estados foram convidados a apresentar as suas “Contribuições Previstas e determinadas a nível nacional” para deixar clara a intenção de voluntariamente deter o avanço do aquecimento, no sentido de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa à frente de COP21.

A UNFCCC estudaram o impacto de 146 contribuições nacionais com base em relatórios publicados pelos países sobre as políticas de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Baseado no panorama atual de emissões, conforme as contribuições publicadas, significaria que em 2030 estaríamos caminhando para um aumento de cerca de 3 °C, ou seja, entre 2,7 ° C e 3,5 ° C, até o final do século. O pior cenário, com um aumento de 4,5 ° C ou até 6 ° C, que corresponde a estimativas das emissões atuais, era até agora considerado o cenário mais provável pelos cientistas, porém está menos provável. Diante dos esforços e estratégias previstas nessas contribuições, a meta de 2 °C até 2100 poderá ser alcançada.

### **2.1.3 Acordo de Paris**

O novo acordo adotado na 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC, em Paris, em 2015, foi adotado com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos causados por essa mudança. Esse acordo foi aprovado pelos 195 países Parte da UNFCCC para reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE) no contexto do desenvolvimento sustentável. O compromisso ocorre no sentido de manter o aumento da temperatura média global em bem abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais e de envidar esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais.

Para o alcance do objetivo final do Acordo, os governos se envolveram na construção de seus próprios compromissos, a partir das chamadas Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (em inglês, *intended Nationally Determined Contribution* – iNDC). Após a aprovação pelo Congresso Nacional, o Brasil concluiu, em 12 de setembro de 2016, o processo de ratificação do Acordo de Paris. No dia 21 de setembro, o instrumento foi entregue às Nações Unidas. Com

isso, as metas brasileiras deixaram de ser pretendidas e tornaram-se compromissos oficiais. Agora, portanto, a sigla perdeu a letra “i” (do inglês, *intended*) e passou a ser chamada apenas de NDC (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

#### **2.1.4 Compromissos Nacionais Diante das Mudanças Climáticas**

A NDC do Brasil compromete-se a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% abaixo dos níveis de 2005, em 2030. Para isso, o país se compromete a aumentar a participação de bioenergia sustentável na sua matriz energética para aproximadamente 18% até 2030, restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030. Nesse sentido, as estratégias utilizadas estarão focadas principalmente em (BRASIL, 2015):

- Aumentar a oferta de biocombustíveis sustentáveis para cerca de 18% até 2030, expandir o consumo de biocombustíveis, aumentar da oferta de etanol, além de expandir a oferta de biocombustíveis de segunda geração e oferta de biodiesel na mistura diesel;
- Reforçar políticas e medidas com vista a alcançar, na Amazônia brasileira, o desmatamento ilegal zero em 2030 e compensar as emissões de gases de efeito estufa de supressão legal da vegetação até 2030, recuperar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030, para fins múltiplos, além de aprimorar os sistemas de gestão de florestas nativas sustentáveis, por meio de georeferenciamento e sistemas aplicáveis à gestão de floresta nativa, tendo em vista o acompanhamento para coibir práticas ilegais e insustentáveis;
- Atingir o percentual de 45% de participação de energias renováveis na matriz energética até 2030, no setor energético;
- No setor agrícola, reforçará o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (ABC) como a principal estratégia para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável, incluindo a restauração adicional de 15 milhões de

hectares de pastagens degradadas até 2030 e aumentar em 5 milhões de hectares de sistemas de integração lavoura-pecuária-florestas em 2030;

- No setor industrial, promoverá novos padrões de tecnologia limpa e desenvolvimento de medidas de eficiência de energia e infraestrutura de baixo emissão de carbono;
- No setor de transportes, promoverá medidas de eficiência e aprimorará a infraestrutura para o transporte público em áreas urbanas.

Na COP 22 que ocorreu em Novembro de 2016 em Marrakesh, no Marrocos, o Brasil estipulou em suas metas que os povos que moram na região amazônica serão prioridade nas políticas ambientais brasileiras, através de ações para o desenvolvimento de uma economia florestal capaz de conter o aquecimento global e beneficiar os 25 milhões de moradores da região. Os setores de florestas, energia e agricultura de baixo carbono serão os principais eixos de ação do país nos próximos anos em defesa dessas populações tradicionais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

## **2.2 PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS**

### **2.2.1 Histórico**

Após a Revolução Industrial que ocorreu na Europa nos séculos XVIII e XIX, o conceito de planejamento evoluiu diante das mudanças sociais que surgiram conforme o trabalho artesanal foi sendo substituído pelo uso de máquinas e trabalho assalariado. Atualmente, a atividade de planejamento é uma ferramenta amplamente utilizada em diversas áreas de conhecimento, que englobam desde as esferas públicas, como o planejamento econômico, urbano e militar (especialmente em tempos belicosos), quanto o setor privado, onde o planejamento estratégico das empresas procura colocá-las em situações de vantagem sobre as concorrentes (CIMA, 2006).

Em relação ao setor energético, a atividade tradicional de planejamento consistia, basicamente no aumento da oferta de energia aliado ao menor custo econômico. Essa relação é válida e acompanha a mesma coerência do planejamento econômico, devido a estreita relação entre o consumo de energia e o

desenvolvimento econômico. Entretanto, conforme dito anteriormente, além do âmbito econômico, globalmente o planejamento energético está mais focado em analisar outros padrões de utilização de energia devido as mudanças climáticas preocupantes no planeta. Sendo assim, é reconhecido o caráter agressivo ao meio-ambiente de quase todas as etapas envolvidas no processo de fornecimento de energia, com o aumento da consciência ecológica, os parâmetros tradicionais se mostraram insuficientes para um planejamento energético ecologicamente correto.

Essencialmente, o setor energético ultrapassa as esferas políticas e econômicas, pois tornou-se o agente socialmente mais importante diante das “necessidades” humanas nas últimas décadas, com a evolução das telecomunicações, robótica e informática. Cima (2006) destacou que além disso, a sociedade depende da energia para a manutenção de atividades domésticas, como cocção, aquecimento de água para banho, condicionamento ambiental, iluminação; para o transporte de pessoas e mercadorias; suporte de atividades comerciais e principalmente, para transformação de matérias primas em bens materiais, por meio das atividades produtivas do setor industrial.

Sendo assim, o interesse pelo desenvolvimento do setor energético torna-se essencial na atualidade, pois constitui um serviço indispensável à manutenção do bem estar coletivo da sociedade. Além disso, os benefícios sociais de seu uso excedem seus benefícios privados, como Cima (2006) enfatizou: o acesso à eletricidade permite uma maior inclusão social, garantindo aos seus usuários acesso aos meios de comunicação (televisão, rádio, telefonia e internet), a substituição da lenha para cocção, por fontes de energia mais aprimoradas - como o GLP – garante benefícios para a saúde das famílias (especialmente para as mulheres e crianças) resultantes da utilização de uma fonte mais limpa e eficiente, a possibilidade de criação de centros de atendimento hospitalar, com capacidade para armazenamento adequado de vacinas (refrigeração) e de prestação de serviços emergenciais (que demandam energia elétrica) que aprimoram a qualidade de vida e o bem-estar das comunidades beneficiadas com o acesso a fontes modernas de energia, além de outras importantes atividades que interferem na qualidade de vida das populações com o acesso à eletricidade.

Em resposta à crise do petróleo após as décadas de setenta e oitenta, as nações industrializadas sentiram a necessidade de reduzir significativamente a

dependência externa pelas fontes derivadas dessa fonte de energia. Dessa forma, o planejamento energético tem evoluído para modelos mais voltados à incorporação mais adequada da ênfase nos usos finais e na eficiência energética, a questão ambiental e a decisão participativa, envolvendo os atores afetados pelos projetos em análise (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005).

Devido ao grande impacto causado recentemente, podem ser destacadas três evoluções conceituais do planejamento energético:

“Evolução de um pensamento voltado intrinsecamente à oferta, para aquele direcionado aos usos finais e intercâmbios de energia; tratamento mais adequado da questão ambiental por meio do estabelecimento de uma cultura multi e interdisciplinar e da elaboração de modelos mais aptos a tratar de custos e benefícios intangíveis, externalidades e aspectos qualitativos; implementação de um processo participativo e descentralizado de decisão, no qual atuam os diversos atores que poderão ser afetados pelo(s) projeto(s) ou planos sob avaliação” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 322).

O processo evolutivo do planejamento voltado intrinsecamente à oferta para a linha mais atual direcionada aos intercâmbios de energia e usos finais, esteve pautado na avaliação crítica do processo tradicional de planejamento, onde foram considerados aspectos significativos como:

“A necessidade de abandono da hipótese de correspondência direta entre o consumo de energia de uma região com os índices de desenvolvimento econômico; a consciência de que a garantia de suprimento a médio e longo prazo, exige um contínuo e coordenado esforço de planejamento e, portanto, de previsão e programação; os fatos de que os pesados investimentos necessários à produção, transporte e disponibilização da energia representam uma parcela significativa do investimento global na região econômica servida; os objetivos de adequada confiabilidade e baixo custo levam à interligação de sistemas, ao gigantismo das instalações, às economias de escala; o serviço de energia é uma atividade de caráter essencialmente estratégico” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2005, p. 322).

### **2.2.2 Conceito**

O Planejamento Integrado de Recursos - PIR passou a ser aplicado nos setores elétrico e de gás canalizado a partir de meados de 80 em alguns países como Estados Unidos, Canadá e Dinamarca. Usualmente o PIR está associado com o desenvolvimento ambiental (D'SA, 2005), onde uma de suas propostas originais é a de incluir os custos de proteção ambiental bem como os riscos à saúde associados à produção e uso de energia no processo de planejamento. A inclusão dos custos atuais (custos de controle de poluição) ou valores aproximados (como sobretaxas sobre impactos negativos) na comparação dos custos resulta em opções

mais claras, relativamente mais baratas e portanto mais atrativas no escalonamento de mínimo custo.

D'Sa (2005) pondera que o PIR pode ser um instrumento eficaz tanto para países desenvolvidos, quanto para os países em desenvolvimento, como no Brasil:

“(...) Enquanto em regiões industrializadas, o PIR tem ajudado a melhorar a confiabilidade, cargas moderadas e até mesmo reduzir o uso de eletricidade, em regiões em desenvolvimento, o PIR também tem a promessa de ajudar a espalhar os serviços de energia para áreas insuficientemente servidas e atingir metas de desenvolvimento” (D'AS, 2005, p.3).

Galvão et al. (1996) definem o PIR como um processo contínuo, de tal modo que o desenvolvimento seja harmonioso, tanto na preservação do ambiente como na melhoria da qualidade de vida da população usando tanto quanto possível os recursos da própria região.

Reddy e Sumithra (1996) definiram o Planejamento Integrado de Recursos como uma forma de planejamento baseada na necessidade de se obter energia para atender a sociedade, avaliando o fornecimento de eletricidade e o nível de atendimento adequado de serviços.

Udaeta (1997) destaca que o PIR pode ser entendido como uma ferramenta no processo de planejamento que leva em consideração opções de utilização de recursos do lado da oferta e da demanda, em termos qualitativos e quantitativos, visando o desenvolvimento sustentável e contando com a participação dos órgãos, ou elementos da sociedade, envolvidos, se não em todo o processo, pelo menos na parte de identificação das metas e os objetivos do PIR.

Reis, Fadigas e Carvalho (2005) caracterizam o Planejamento Integrado de Recursos como um “ferramental de análise que coloca conjuntamente, em um mesmo patamar de condições e expectativas, as opções do suprimento e da demanda”. Os autores avaliam que essa abordagem é holística, completa e abrangente, já que tendo um leque de opções como redução da utilização da energia, corte de carga, substituição de energético, educação do consumidor por medidas de eficiência energética, pode-se chegar a melhor opção de custo mínimo aliado aos menores impactos ambientais; conservação de energia e possibilita melhores condições de infraestrutura como no transporte e na localização.

Segundo a definição de PIR do AWWA (American Water Works Association):

“PIR é uma forma compreensiva de planejamento que envolve análises de custo mínimo do lado da oferta e opções de gerenciamento da demanda bem como um processo de tomada de decisão aberto e participativo, desenvolvendo alternativas que incorporem a qualidade de vida das comunidades e os aspectos ambientais. O PIR leva em consideração todos os custos diretos e indiretos, benefícios do gerenciamento pelo lado da demanda, gerenciamento e expansão da oferta através de cenários alternativos, análises multi-critério, envolvimento da comunidade no planejamento, na decisão e na implementação do processo, considerando benefícios sócio-ambientais” (AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, 1999)

Em suma, o PIR é uma metodologia que pode ser usada para estimar a demanda de serviços de energia durante o período de planejamento combinando custos baixos de oferta e medidas eficientes nos usos finais, aliado à aspectos relevantes durante esse processo como a equidade, a proteção ambiental, a confiança e outras metas específicas do país (D'SA, 2005; BAJAY; LEITE, 2004).

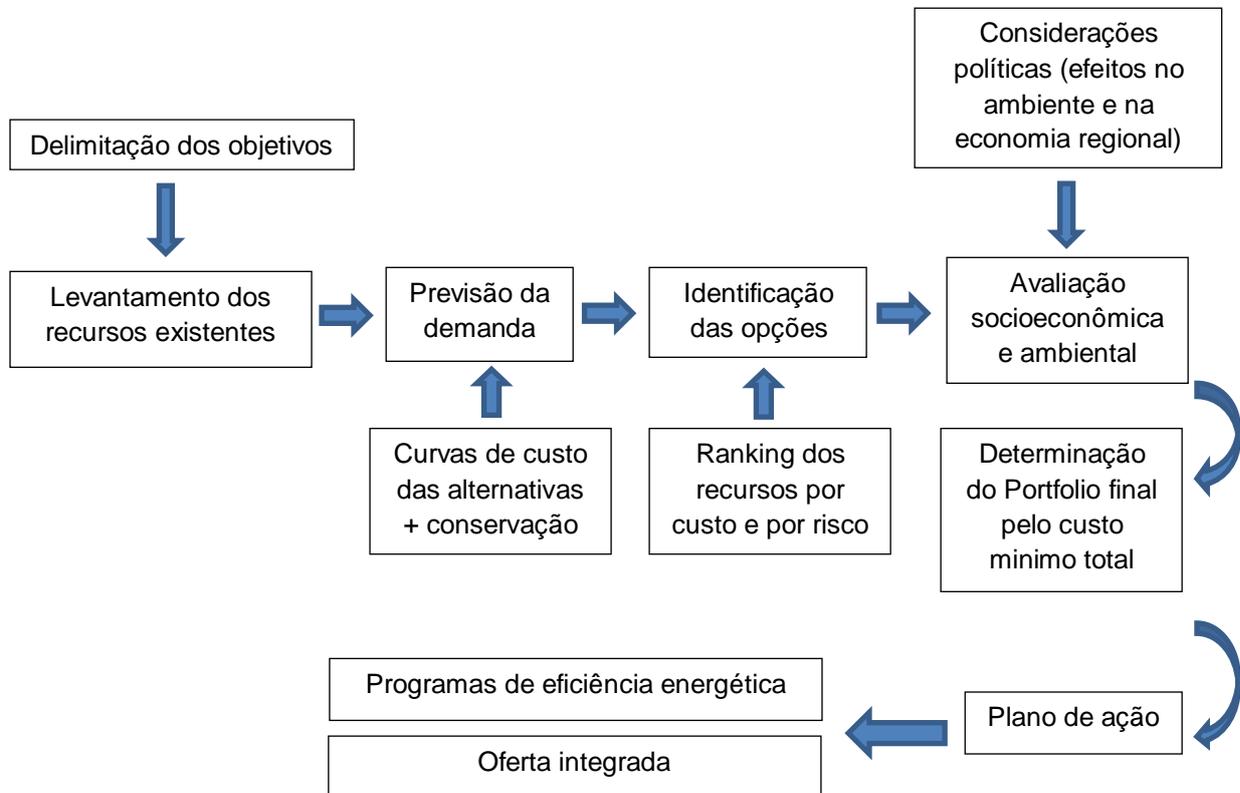
### **2.2.3 Etapas do PIR**

A preocupação em se realizar análises de riscos e incertezas mais abrangentes em função dos dados e informações disponíveis é uma das características essenciais do PIR. Além disso, essa metodologia permite incorporar na seleção dos investimentos a serem feitos pelos agentes setoriais, preocupações e prioridades dos próprios agentes, do governo, do órgão regulador, dos consumidores, de grupos ambientalistas e de outras organizações não governamentais interessadas na evolução do setor (BAJAY; LEITE, 2004).

Contrastando com a abordagem do planejamento tradicional, no PIR todas as alternativas de oferta passam a ser consideradas, além de ações de gerenciamento do lado da demanda, através de um planejamento de objetivos e critérios, o que torna o processo transparente e participativo. No caso do Brasil, que é um país particularmente com um parque gerador predominantemente hidroelétrico, o PIR se aplica também para permitir a otimização dos usos múltiplos dos recursos hídricos sejam eles, geração de energia elétrica, irrigação, navegação, abastecimento industrial e lazer. Sendo assim, esse método proporciona oportunidade para os planejadores de tratar questões complexas de forma estruturada e transparente, promovendo maior compreensão das partes interessadas e melhores condições para um planejamento regional efetivo (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2005).

A figura 1 mostra os passos a serem seguidos conforme a lógica do PIR.

**Figura 1 – Processo esquemático do PIR**



**Fonte: EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2005**

Conforme demonstra o esquemático, o PIR inicia o processo pela definição dos objetivos, onde nessa etapa são estabelecidos critérios que irão determinar o atendimento a cada objetivo, levando em conta que a política e o planejamento nacional afetarão os objetivos no planejamento regional, por isso, devem ser identificados esses aspectos em escala macro que influenciarão em escala regional. Nesse sentido, em um PIR podem ser destacados objetivos comuns como (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2005):

- Confiabilidade dos serviços de energia;
- Expansão do acesso aos serviços de energia; (eletrificação, por exemplo)
- Minimização dos impactos ambientais;
- Melhoria na qualidade dos serviços energéticos (redução de interrupções, por exemplo);
- Melhor aproveitamento dos recursos existentes na região;

- Diversificação da oferta;
- Aumento da eficiência energética;
- Minimização dos custos, de externalidades inclusive;
- Desenvolvimento social;
- Geração de empregos;
- Desenvolvimento tecnológico;
- Aquisição de flexibilidade.

A próxima etapa consiste em levantar os recursos disponíveis, considerando todas as alternativas de suprimento de necessidades energéticas na região, onde do lado da demanda, devem ser avaliadas as alternativas mais adequadas para o suprimento dessas necessidades. A seguir, projeções de longo prazo da demanda deverão ser conduzidas, analisando a necessidade aumento da capacidade instalada, que fontes de geração se aplicam, assim como sua localização geográfica. Para tanto, podem ser utilizados dados de consumo por classe e por região, dados e projeções econômicas e demográficas e dados de uso final da energia.

### **2.2.3.1 Gerenciamento do Lado da Oferta**

Com o aumento da exigência dos serviços de energia, o setor elétrico tem se preocupado em aumentar a oferta aliada à eficiência. Dessa forma, os aumentos na oferta incluem a expansão da capacidade de geração e melhorias na utilização da capacidade já existente, que podem ser obtidas através de recursos disponíveis e por meio da avaliação de opções de transmissão centralizadas ou locais.

O levantamento das opções de recursos disponíveis deve primeiramente identificar todas as opções acessíveis e a infraestrutura correspondente à essas opções. Características relacionadas à capacidade instalada, fatores de capacidade, tipos de combustíveis, eficiências, custos operacionais e de capital, confiabilidade do suprimento, riscos envolvidos, vida útil, dependência externa e impactos socioambientais devem ser considerados para análise inicial.

Além disso, devem ser consideradas tanto as tecnologias convencionais (termelétricas de combustíveis fósseis, nucleares, hidrelétricas, PCHs, etc.) assim como opções de repotencialização, armazenamento de energia, cogeração, produtores independentes e geração distribuída. Ademais, tendo em vista a

importância das fontes renováveis de energia nos últimos anos, também deve ser dada maior atenção para as opções de suprimento através da energia eólica, solar e biomassa.

Udaeta (1997) considera que nesta etapa devem ser levantados separadamente cada um dos recursos factíveis tanto os recursos já estabelecidos no plano de obras, quanto os potenciais, que poderão influenciar a potência e/ou energia tanto do lado da oferta quanto da demanda.

Severino, Camargo e Oliveira (2014) destacam que especialistas apontam para o risco de que os atuais sistemas elétricos não conseguirão garantir o suprimento sustentável de energia elétrica com a abrangência e a qualidade exigidas pela sociedade do século XXI. Diante disso, há maior expectativa para expansão da geração distribuída (GD), principalmente com estudos e tecnologias mais avançadas, permitindo o fornecimento de energia elétrica àqueles que ainda não possuem acesso a ela. Conceituam GD como:

“Denominação genérica de um tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela geração centralizada por ocorrer em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional, contribuindo para aumentar a distribuição geográfica da geração de energia elétrica em determinada região” (SEVERINO; CAMARGO; OLIVEIRA, 2014).

A tendência é de que a partir desse conceito, Haddad e Lora (2006) destacam que a GD poderá melhorar os níveis de estabilidade e inteligência do sistema, além de aumentar os níveis de confiança, economia e qualidade ambiental, principalmente devido à introdução de novas técnicas de geração descentralizada a partir de fontes renováveis.

### **2.2.3.2 Gerenciamento pelo Lado da Demanda**

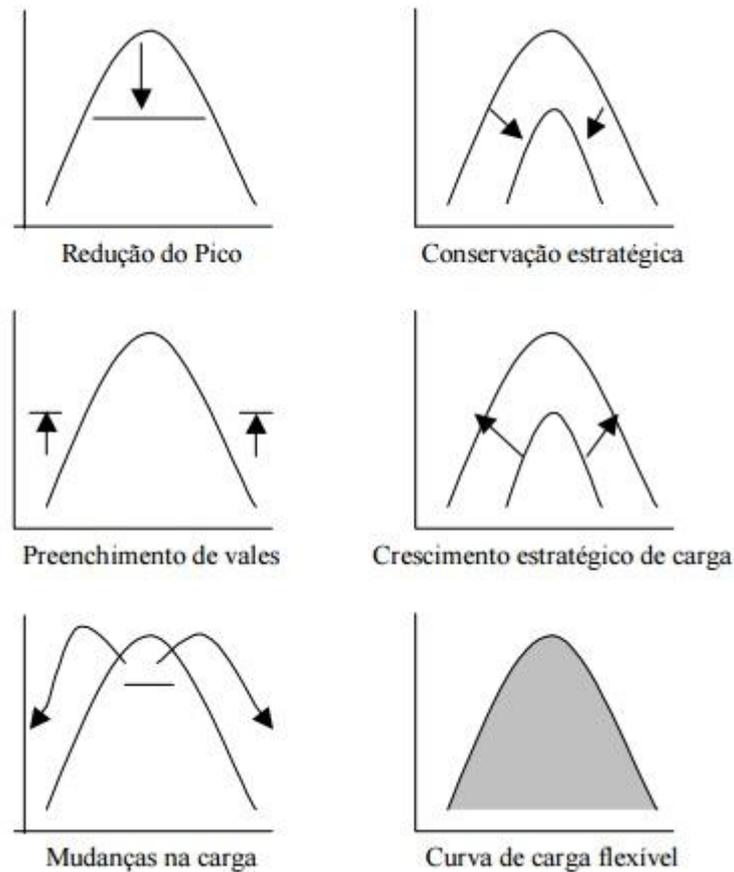
O termo “Gerenciamento pelo Lado da Demanda” envolve ações do lado do consumidor, sendo estas atividades chamadas comumente de gerenciamento de carga, conservação estratégica, eletrificação e estratégias para o crescimento da participação no mercado (GELLINGS; CHAMBERLIN, 1993). Dessa forma, o GLD é usado para referenciar programas que visam reduzir a necessidade de energia através de ações sobre a demanda, sem comprometimento aos usos finais. Com isso as opções de GLD podem reduzir o uso da energia adiando investimentos em nova capacidade instalada. As opções de GLD podem ser divididas em quatro categorias (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2005):

- Refere-se à informação e/ou incentivos para estimular a racionalização do uso da energia;
- Adoção de tecnologias mais eficientes, que contemplaria também medidas que aumentem a eficiência nos processos;
- Troca de combustíveis, como por exemplo, a utilização do gás e da energia solar para aquecimento de água de ambientes ou em processos industriais;
- Gerenciamento da carga, através de medidas que visam reduzir a demanda nos horários da ponta do sistema. Um exemplo dessa categoria seria a adoção do horário de verão.

O GLD está direcionado a promoção de esforços que influenciem mudanças no uso da eletricidade. Assim, devem ser adotadas as estratégias que têm como objetivo alterar a forma da curva de carga ou sua área total (a integral da curva de carga dá a energia total consumida), ou ainda ambas as iniciativas combinadas. Dentro dessa perspectiva, são convergidas nas seguintes estratégias que estão representadas pela figura 2 (UDAETA, 1997; CAMPOS, 2004):

- Rebaixamento de pico (*peak clipping*): redução da carga de ponta;
- Preenchimento de vales (*valley filling*): preenchimento de vales existentes fora do horário de pico.
- Mudanças na carga (*load shifting*): remoção de certas cargas do período de pico, relocando para períodos fora de pico;
- Conservação estratégica (*strategic conservation*): diminuição do consumo global, através de incentivos como a mudança de aparelhos de uso final mais novos e eficientes;
- Crescimento estratégico da carga (*strategic load growth*): aumento da carga com a eletrificação de certos produtos e/ou processos que normalmente utilizam outros combustíveis;
- Curva de carga flexível (*flexible load shape*): está relacionada à flexibilidade da curva de carga, através da possibilidade de que os usuários possam identificar as cargas redutíveis e interruptíveis.

**Figura 2 - Estratégias de gerenciamento da curva de carga**



Fonte: GELLINGS, 1985.

## 2.2.4 PIR Aplicado às Comunidades Isoladas na Amazônia

### 2.2.4.1 Disposição dos sistemas energéticos

Di Lascio, Freitas e Marques (1999) apontam que a falta de estatísticas e informações mais reais sobre os sistemas isolados na Amazônia dificulta o processo de conhecimento das despesas energéticas e conseqüentemente torna mais complexa a avaliação do leque de opções de fonte primárias mais adequadas e economicamente viáveis.

Para auxiliar o planejamento energético na região, os autores destacam que é possível elaborar três casos hipotéticos para construir cenários mais próximos da realidade amazônica: uma habitação isolada, uma vila de 100 habitações e uma cidade de 30.000 habitantes. Para o caso mais simples, as despesas energéticas compreendem a eletricidade e o transporte.

Di Lascio e Barreto (2009) indicam basicamente dois modelos de ocupação territorial (Figura 3) acerca de uma análise mais detalhada da população rural das comunidades:

“Um deles (*modelos*), no qual prevalece a floresta e as chuvas continuadas, é formado por vilarejos distantes ou moradias isoladas, e o outro é típico do Arco do Desmatamento, local em que predominam os “Projetos de Colonização”. Nos dois casos, a sede do município é o aglomerado urbano mais importante para essas comunidades, pois ali estão situados os serviços de saúde, assim como o escritório administrativo de alguma outra eventual infraestrutura disponível, como, por exemplo, a energia elétrica” (DI LASCIO; BARRETO, 2009).

**Figura 3 - Distribuição territorial esquemática das populações da Amazônia.**



**Fonte: DI LASCIO; FREITAS; MARQUES, 1999.**

Os autores selecionaram duas regiões com aspectos distintos – Planície Amazônica e Arco do Desmatamento, cujas características foram enfatizadas na Tabela 1, considerando o fator implantação de infraestrutura para o suprimento de eletricidade na área rural da Amazônia:

“Na área da Planície Amazônica predomina uma população ribeirinha, onde os poucos atendimentos elétricos são efetuados de forma isolada por geração distribuída, e esta deverá ser a modalidade empregada para a expansão do serviço. Na região do Arco do Desmatamento, na qual está situada a maior parte dos “Projetos de Assentamento”, as novas ligações poderão ser realizadas estendendo as atuais redes convencionais distribuição” (DI LASCIO; BARRETO, 2009).

**Tabela 1 - Características da Universalização de Energia Elétrica em Moradias Rurais na AML-Brasileira**

<b>Macro Região Amazônica</b>	<b>Arco do Desmatamento</b>	<b>Planície Amazônica</b>
Característica Climática	Períodos de Estiagem	Alta Pluviosidade
Questão Ambiental	Queimadas Frequentes	Ausência de Queimadas
Cobertura Vegetal	Muito Alterada	Quase Toda Original
Transporte	Começo de Malha Rodoviária	Comunicação Basicamente Fluvial
Atividade Econômica	Assentamentos Agropecuários	Essencialmente Extrativista
Economia	Renda Mais Elevada	Pobreza Intensa
Densidade Populacional	Maior Densidade Populacional	Menor Densidade Populacional
Repartição dos Habitantes	Em Ramais Rodoviários	Nas Margens das Vias Fluviais
Desenvolvimento Humano	Maior IDH	Menor IDH
Atendimento Energético	Redes Convencionais	Geração Distribuída e Minirredes

**Fonte: DI LASCIO; PIOCH; RODRIGUES, 2006.**

#### **2.2.4.2 Classificação do Atendimento de Energia**

Considerando a população rural da Amazônia, Di Lascio e Barreto (2009) classificaram os consumidores em quatro categorias detalhadas a seguir:

**AS-Int** - Atendimento a partir do Sistema Interligado de novos consumidores rurais por extensão de rede de distribuição já eletrificada.

**Característica:** localização distante das redes existentes e situados no “Arco do Desmatamento”, na maioria das vezes em assentamentos agropecuários, em que o desmatamento e os ramais rodoviários possibilitam a extensão de linhas de distribuição, provenientes de sistemas conectados ao Sistema Interligado Nacional.

**AS-Isol** - Atendimento a partir dos 317 Sistemas Isolados já eletrificados por geração distribuída e a cargo de alguma Concessionária.

**Característica:** consumidores rurais que também podem ser atendidos por extensão de redes de distribuição, mas nesse caso, são supridos por geração quase sempre a diesel, localizada em sedes de municípios e subsidiada pela Conta de Consumo de Combustíveis para Sistemas Isolados.

**ANGD-MR** - Atendimento com Nova Geração Distribuída e Minirrede de novos consumidores rurais situados em pequenos vilarejos isolados, sem viabilidade de interligação com as redes existentes.

**Característica:** cada vilarejo, com um mínimo de quatro residências próximas, deverá ter a sua própria geração, assim como sua própria minirrede de distribuição.

**ANGD-FV** - Atendimento com Nova Geração Distribuída de Fonte Solar Fotovoltaica de novos consumidores rurais situados em moradias isoladas, também sem possibilidade de interligação com as redes existentes.

**Característica:** cada moradia deverá receber um sistema individual fotovoltaico.

**Tabela 2 - Classificação dos Novos Atendimentos Rurais na AML-Brasileira**

Estados	Lig. a Realizar [NM]	AS-Int [NM]	AS-Isol [NM]	ANGD-MR [NM]	ANGD-FV [NM]
Acre	27.030	0	13.515	5.406	8.109
Rondônia	48.930	0	34.251	9.786	4.893
Amazonas	79.002	0	31.601	31.601	15.800
Roraima	9.303	0	6.512	1.860	931
Pará	259.278	155.567	51.856	38.892	12.963
Amapá	3.724	0	2.607	745	372
Tocantins	50.805	40.644	0	7.621	2.540
Mato Grosso	55.688	27.844	16.706	8.353	2.785
Maranhão	235.510	230.800	2.355	2.355	0
Total	769.270	454.855	159.403	106.619	48.393

**NM** – Número de Moradias.

**Fonte:** DI LASCIO; PIOCH; RODRIGUES, 2006.

Di Lascio, Pioch e Rodrigues (2006) enfatizam que há 106.619 moradias na classificação ANGD-MR para toda a Amazônia, que reunidas em conjuntos de quatro ou mais residências, e ao ser assumida uma média de 20 casas por vilarejo, resulta na demanda de 5.330 novos sistemas dotados de minirrede e geração distribuída de energia elétrica. Enquanto que para as moradias isoladas, classificadas como ANGD-FV, somam 48.393 novos atendimentos para serem concretizados por sistemas fotovoltaicos residenciais individuais, conforme mostrou a Tabela 2 acerca dos sistemas energéticos classificados e o número de moradias.

#### ***2.2.4.3 Componentes e Barreiras para Implementação do PIR em Comunidades Isoladas***

Teixeira (2010) avalia que a análise socioambiental da comunidade no contexto do PIR, poderá auxiliar na definição das demandas energéticas da população e na estimativa da demanda de energia elétrica no curto, médio e longo prazo. Considera para essa análise futura fatores próprios do lado econômico, como, por exemplo, variações de crescimento; e suas consequências diretas, como o aumento do mercado consumidor, tanto residencial quanto industrial.

Além disso, o autor ressalta que também devem ser consideradas medidas de conservação de energia e eficiência energética para o médio e longo prazo, através do histórico ou de uma estimativa de utilização de energia elétrica levando em conta a metodologia do uso final, assim como o tipo e sua finalidade. Outro elemento importante do PIR deve analisar principalmente os aspectos sociais e ambientais da comunidade, a fim de avaliar o leque de possibilidades de fontes de energia possíveis de serem utilizadas para a geração de energia elétrica, respeitando as características locais e estimando os custos totais para a tomada de decisão do modelo de planejamento energético adequado para cada comunidade isolada.

Dessa forma, é imprescindível analisar as condições locais e detectar facilidades que apontem para um planejamento mais adequado à realidade das comunidades. Através do diagnóstico socioambiental e energético é possível identificar características e potencialidades, como em relação a localização geográfica (infraestrutura e logística), clima (velocidade do vento, níveis médios de radiação solar, etc.), hidrologia (rios e furos), levantamento de recursos provenientes

das atividades exercidas na comunidade como resíduos de beneficiamento de açaí, castanha, etc. Vale ressaltar que nesse caso, o modelo considerado mais adequado à determinada localidade engloba aspectos que estão além da esfera puramente tecnológica e técnica, portanto, não necessariamente a opção de menor custo econômico será a escolhida (TEIXEIRA, 2010).

Souza e Correia (1999) destacam que no contexto dos sistemas isolados na Amazônia as barreiras encontradas para implementação do PIR envolvem vários aspectos. Os autores ressaltam a quase inexistência de estatísticas sobre usos finais de energia na região, decorrente da pouca prática por parte das companhias energéticas, demonstrando assim desinteresse refletido na falta de uma política nacional contínua nessa região.

Além das barreiras institucionais, legais e financeiras, há dificuldades tecnológicas e técnicas que dificultam ainda mais o PIR como instrumento de desenvolvimento nesses sistemas, no sentido de que o suprimento de energia é de baixa qualidade. Os autores enfatizaram que:

“A disponibilidade de utilização de tecnologias importadas, tanto para gerar como conservar energia, não seria um obstáculo para parte da RA (*Região Amazônica*), uma vez que há incentivos para áreas de livre comércio. A falta de uma assistência técnica local adequada seria em pouco tempo amenizada com o aumento da aquisição dessas novas tecnologias. Na verdade, a péssima qualidade da energia atualmente fornecida representaria um grande obstáculo para certas tecnologias que conservam energia, devido às flutuações de tensão ou ainda distorções harmônicas” (SOUZA; CORREIA, 1999).

A carência de políticas públicas mais eficazes em termos de planejamento regional apresenta-se como uma barreira expressiva, principalmente devido ao entrave no avanço da implementação das estratégias, ficando geralmente no plano da concepção.

### **3 ESTUDO DE CASO: COMUNIDADES ISOLADAS NO ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA UHE DE TUCURUÍ**

#### **3.1 CONTEXTO**

A região Amazônica é geograficamente diferente das demais regiões do Brasil, pois é uma região caracterizada por sua grande extensão territorial com grandes distâncias entre as comunidades, inúmeros furos de rios conjugados a rios caudalosos, floresta densa, áreas de várzea, além de inúmeras populações tradicionais (quilombolas, pequenos vilarejos que sobrevivem do extrativismo) que vivem nessas comunidades. Para tanto, faz-se necessário formular propostas inclusivas e que estejam mais adequadas à realidade amazônica.

A expansão das linhas de transmissão e toda infraestrutura da rede convencional de energia é mais difícil para essa região, economicamente dispendiosas, fazendo com que muitas das famílias que moram em localidades mais afastadas possuam acesso precário à energia elétrica, dependentes de combustíveis fósseis, geralmente. O planejamento energético, portanto, é um instrumento que contribui com o desenvolvimento da região, levando em consideração que a eletrificação das comunidades isoladas contribui com a melhoria da qualidade de vida das populações, além de avaliar tecnologias que promovam o desenvolvimento sustentável.

As seções a seguir serão baseadas no planejamento energético proposto para a região amazônica, concentrando-se em comunidades isoladas na área de entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí.

#### **3.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

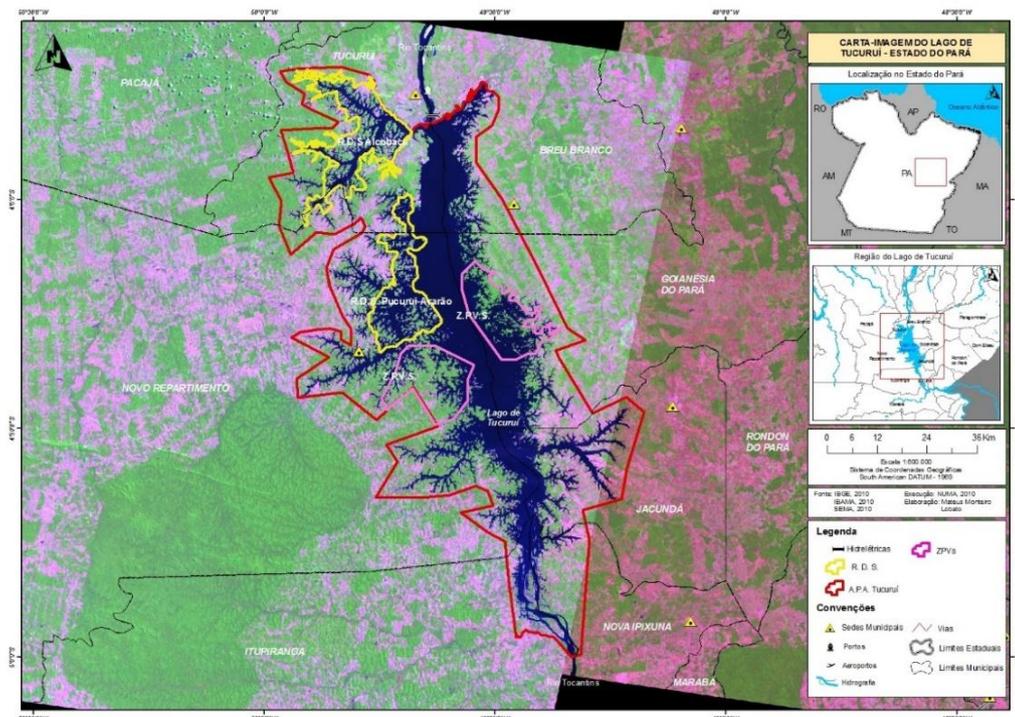
Com o barramento do rio Tocantins para construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, formou-se o lago de Tucuruí que corresponde a uma área de 2.875 km<sup>2</sup>, com cerca de 100 km de extensão por 18 km de largura, formando em seu interior aproximadamente 1.500 ilhas, e abrangendo parte dos municípios de Tucuruí, Breu Branco, Goianésia, Novo Repartimento, Jacundá, Nova Ipixuna e Itupiranga, todos localizados no estado do Pará (ARAÚJO; ROCHA, 2008).

A adequação da represa da UHE de Tucuruí revelou fortes impactos que não foram dimensionados, ocasionando o intenso e desordenado crescimento

populacional, inundação de áreas não previstas, ocorrência de pragas de mosquitos, aumento dos casos de malária, perda de solo, problemas sanitários, e, além de alterações econômicas. Em resposta a esses impactos negativos e o aumento da cota de 72 m para 74 m, foi criado pela Lei Estadual nº. 6.451, de 08 de abril de 2002, o Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí, cujo objetivo é o uso coletivo do espaço e dos recursos naturais por comunidades tradicionais, de acordo com princípios de gestão para a sustentabilidade socioambiental (PIRATOBA, 2014).

O Mosaico do Lago de Tucuruí foi criado pela Lei Estadual nº. 6.451, de 08 de abril de 2002, constituído por 3 (três) Unidades de Conservação: a Área de Proteção Ambiental (APA) Lago de Tucuruí e as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça e Pucuruí-Ararão e duas Zonas de Proteção da Vida Silvestre (ZPVS) conforme mostra os dados apresentados na Tabela 3, compreendendo os municípios de Tucuruí, Breu Branco, Goianésia do Pará, Jacundá, Novo Repartimento, Nova Ipixuna e Itupiranga (Figura 4). As tabelas 6, 7 e 8 a seguir mostram Porção incidente da APA e das RDS na área do municípios e Porção de abrangência dos municípios nesses territórios.

**Figura 4 - Mapa do Lago de Tucuruí contendo o mosaico de Unidades de Conservação**



Fonte: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2014.

Tabela 3 – Descrição do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí

MOSAICO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DO LAGO DE TUCURUI					
	Área de Proteção Ambiental (APA)	Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS)	Zona de Proteção da Vida Silvestre (ZPVS)	Zona de Proteção da Vida Silvestre (ZPVS)
Denominação	APA do Lago de Tucuruí	Alcobaça	Pucuruí-Ararão	Área de Soltura – Base 03	Área de Soltura – Base 04
Extensão	568.667,00 ha	36.128,00 ha	29.049,00 ha	10.009,00 ha	20.207,00 ha
Órgão gestor	SEMA	SEMA	SEMA	SEMA	SEMA
Ato legal de criação	Lei Estadual Nº 6.451/2002	Lei Estadual Nº 6.451/2002	Lei Estadual Nº 6.451/2002	Portaria–SECTAM Nº008/2004	Portaria–SECTAM Nº008/2004

Fonte: PARÁ, 2002.

### 3.2.1 Comunidades do Entorno do Lago da UHE de Tucuruí

Segundo dados levantados em 2005 pelo Movimento dos Atingidos por Barragens - MAB (BARBOZA et. al, 2008) a população residente na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça estava distribuída em 14 comunidades. Em 2014, conforme dados da Colônia de Pescadores de Tucuruí Z-32, foram levantados pescadores distribuídos em 18 comunidades, enquanto que para os próprios pescadores a reserva é composta por 20 comunidades (Tabela 4).

Tabela 4 - Levantamento das comunidades da reserva Alcobaça.

COMUNIDADES NA RESERVA ALCOBAÇA			
MAB 2005 (Barboza et al, 2008)	COLÔNIA DE PESCADORES (2014)	(2013, 2014, 2015)	
		REGIÃO/RIO	COMUNIDADES
Acapú, Angelim, Água Fria, Boa Vida, Cametá, Cajazeira, Cajazeirinha, Lago Azul, Mocaba, Ouro Verde, Piquiá, Piquiazinho, Rio Jordão, São Benedito.	Acapú I, Acapú II, Agua Fria, Angelim, Barrageira, Boa Vida, Cajazeira, Cajazeirinha, Cametá (São Pedro), Garipé, Lago Azul, Mocaba, Mururé, Ouro Verde, Pedra Branca, Piquiá Grande, Piquiazinho, Rio Jordão.	CARAIPÉ	Acapú I, Acapú II, Água Fria, Bom Jesus, Cajazeira, Cajazeirinha, Cametá, Garipé, Pedra Branca, Piquiá, Piquiazinho, Rio Jordão
		RIO 24	Água Serena, Angelim, Boa Vida, Boa Vista, Lago Azul, Mururé, Ouro Verde.
		MOCABA	Mocaba

Fonte: Retirado de ALMEIDA; CAÑETE; FERNANDES (2015), BARBOZA et. al.(2008); Pesquisa de campo (2013, 2014, 2015).

Tabela 5 – População das comunidades da RDS Alcobaça por setor censitário

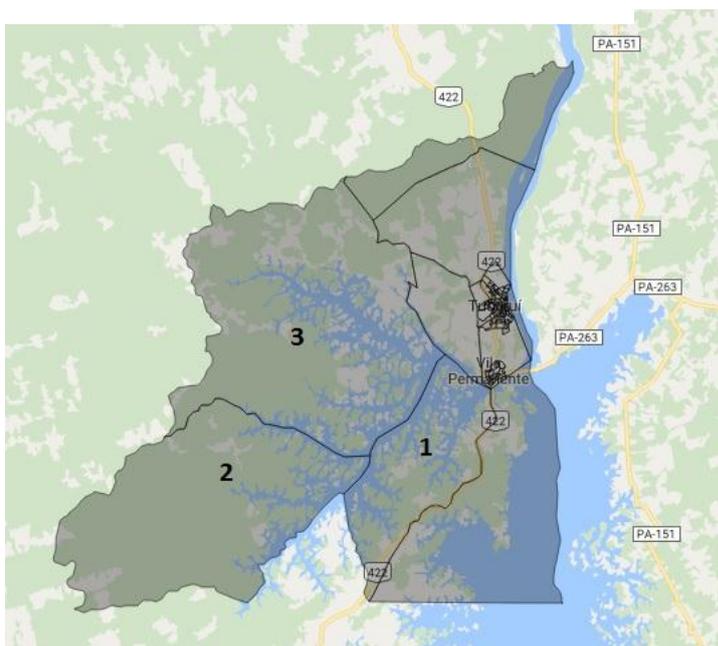
Setor Censitário	Descrição	População
1	Ponte sobre o rio Caripé na rodovia BR-422 (variante da Transamazônica), rodovia BR-422, igarapé coraca (a 28 km da cidade de Novo Repartimento), rio caripé.	654
2	Nascente do igarapé cajazeira. Igarapé cajazeiras, rio caripé até sua nascente denominada repartimento do caripé (limite Tucuruí-Novo Repartimento), vertente esquerda do rio Tocantins (limite Tucurupi-Pacajá), reta até a nascente do igarapé cajazeiras, nascente do igarapé cajazeiras.	507
3	Trucarazinho, reta no sentido sudeste até a confluência dos dois principais formadores do rio Trucarazinho, rio Trucarazinho próximo a fazenda Amapá (inclusive), estrada da fazenda bom Jesus, dique de contenção no igarapé grotão, igarapé grotão, rio caripé, igarapé cajazeiras até a sua nascente, cumeada das vertentes esquerdas do rio Tocantins (limite Tucuruí-Pacajá) envolvendo as nascentes do igarapé vinte e quatro, nascente do igarapé trucara.	2382

Número Censitário: Setor 1 - 150810005000066 Setor 2 - 150810005000067 Setor 3 - 150810005000068

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010

Segundo o Censo 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, as comunidades foram separadas conforme setores censitários, onde foram descritos limites para esses setores que englobaram as comunidades mencionadas anteriormente, englobando comunidades de diferentes regiões, portanto, a densidade populacional diz respeito ao setor censitário propriamente dito, segundo mostra a descrição da Tabela 5 e ilustra a Figura 5.

**Figura 5 – Localização dos setores censitários pelo IBGE**



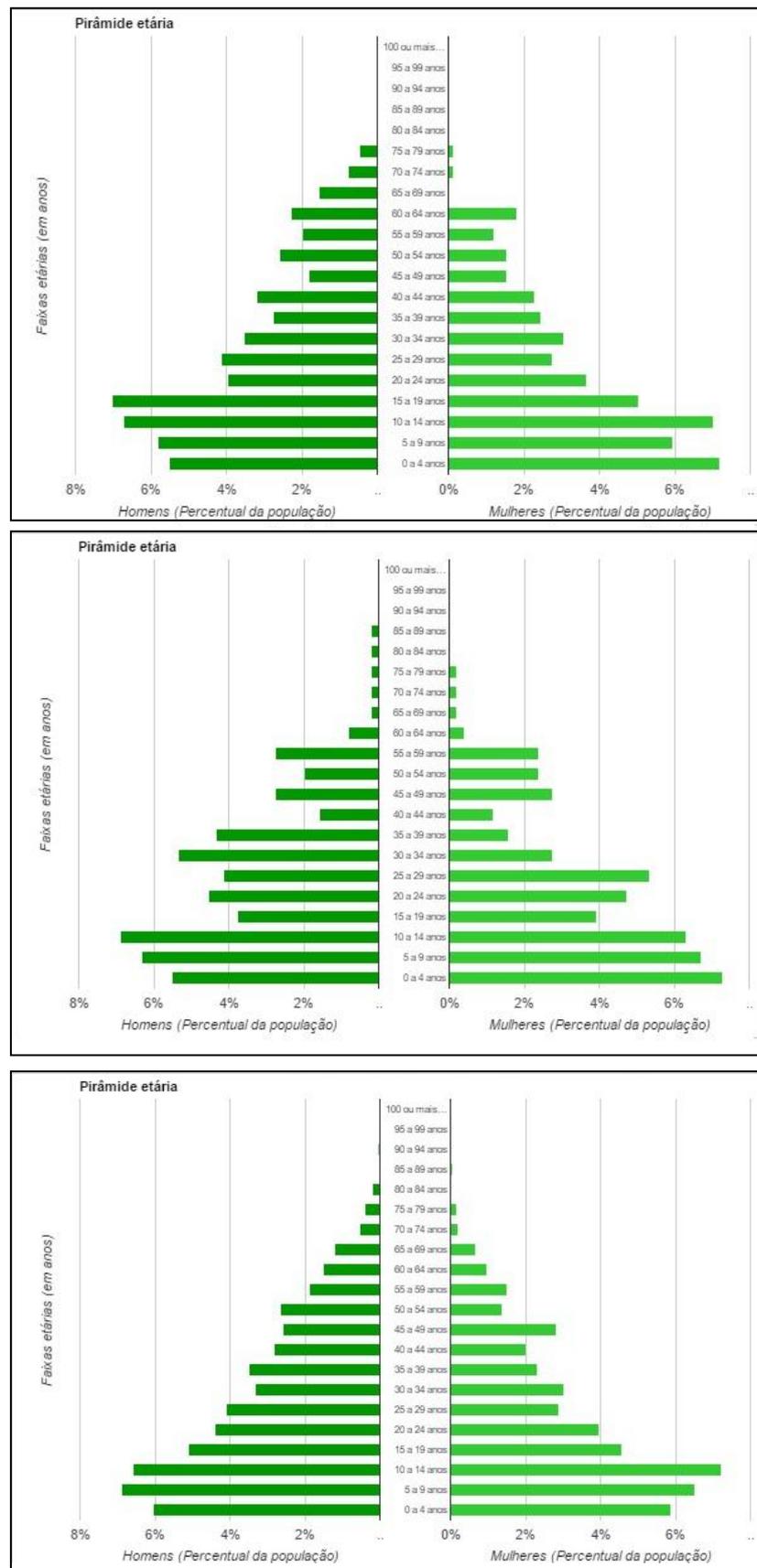
Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010

### 3.3 DIAGNÓSTICO DAS COMUNIDADES DA RDS ALCOBAÇA

#### 3.3.1 População

Segundo a pirâmide etária para os três setores censitários, a maioria da população é composta por crianças e jovens entre 0 e 19 anos, para o setor (1) dividido por sexo e idade, a maioria é composta de mulheres entre 0 e 4 anos e homens de 15 a 19 anos. Para o setor (2), o mesmo ocorre para o caso das mulheres, enquanto que para o sexo masculino há predominância de jovens entre 10 a 14 anos e para o setor (3), a maioria é composta por mulheres entre 10 a 14 anos e homens entre 5 a 9 anos, conforme mostram as pirâmides nas figuras 6-a, 6-b, e 6-c.

Figura 6 – Pirâmides etárias para os setores censitários (a), (b) e (c)



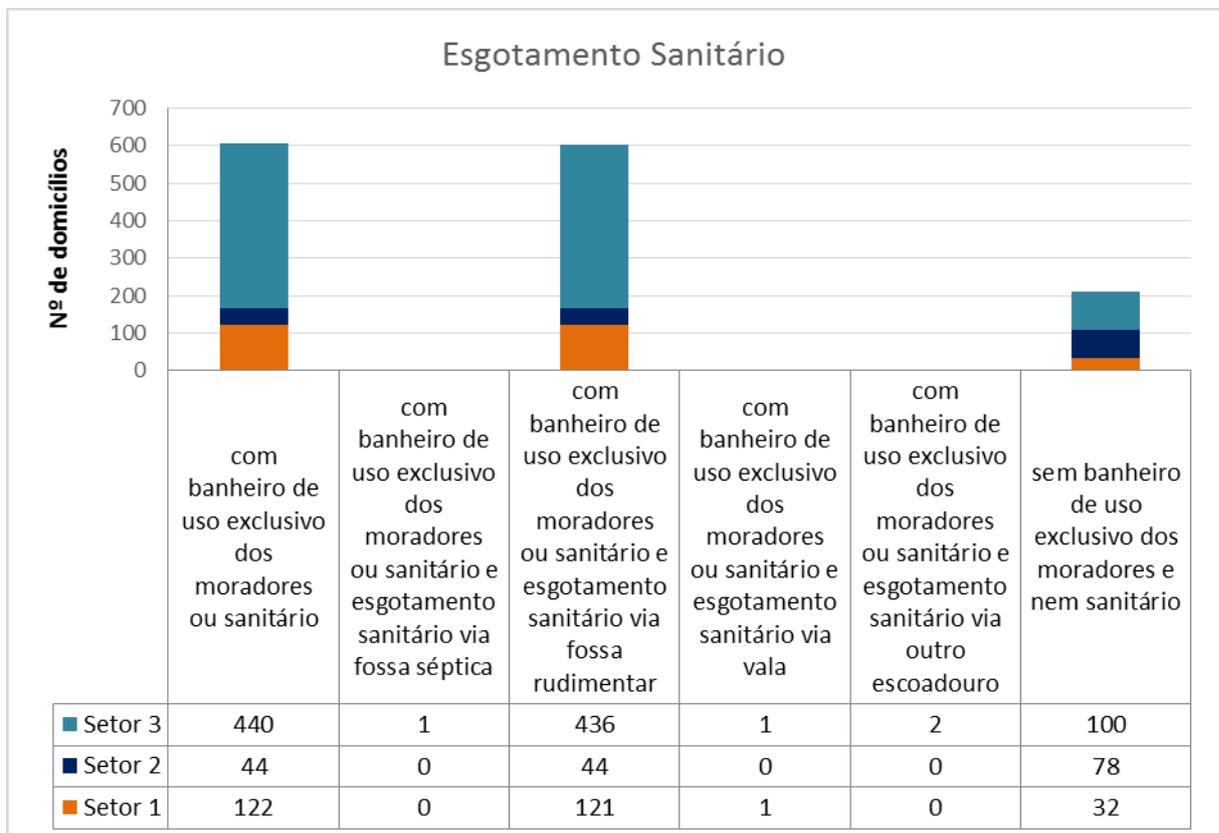
Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010

### 3.3.2 Aspectos Socioambientais

Em relação aos serviços básicos como saúde, educação e saneamento básico, as melhores condições encontram-se no município de Tucuruí, enquanto que nas ilhas da reserva constatou-se precariedade no fornecimento desses serviços, já que o acesso à postos de saúde e medicamentos é difícil, há precariedade de rede de esgoto e água tratada, destinação inadequada do lixo e acesso precário à energia elétrica.

Em relação ao esgotamento sanitário, conforme o Censo 2010 realizado pelo IBGE, o número de domicílios particulares com esgotamento sanitário via fossa rudimentar é elevado nos três setores, além de que muitos não possuem banheiro e nem sanitário (Figura 7). Dessa forma, segundo a classificação de indicador de saneamento pelo IBGE, “domicílios com escoadouro ligados à fossa rudimentar, vala, rio, lago ou mar e outro escoadouro; servidos de água proveniente de poço ou nascente ou outra forma com destino de lixo queimado ou enterrado, ou jogado em terreno baldio” são classificados como inadequados.

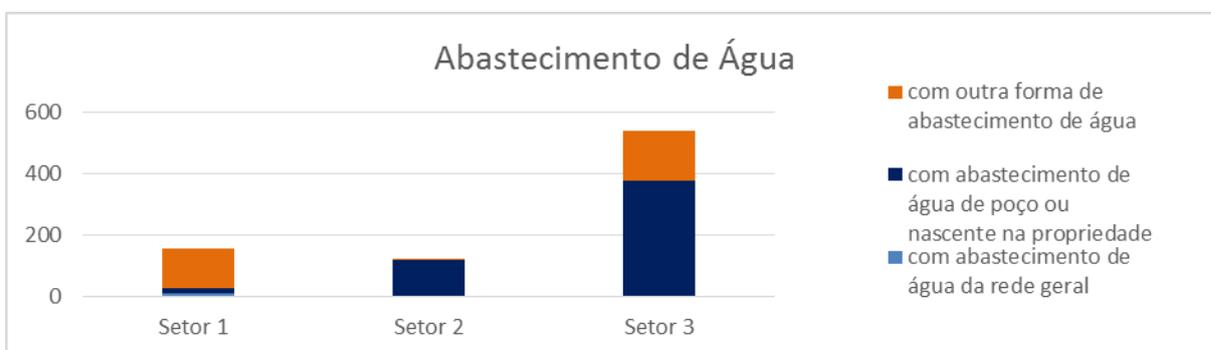
**Figura 7 – Domicílios particulares permanentes segundo o indicador esgotamento sanitário**



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010

Em relação ao abastecimento de água, em maioria é feito através de poço ou nascente na propriedade (Figura 8), porém é importante ressaltar que a qualidade da água pode ficar comprometida visto que águas de nascentes podem ser facilmente contaminadas, devido à falta de proteção adequada no local do afloramento ou em suas proximidades, devendo-se ter a precaução necessária para evitar a contaminação. A utilização de poços rasos em lençóis subterrâneos rasos, está mais sujeita à contaminação por água de chuva, infiltração de ou agrotóxicos no solo, resíduos sólidos depositados de forma incorreta no ambiente, dejetos de animais, dentre outros (LEAL, 2012).

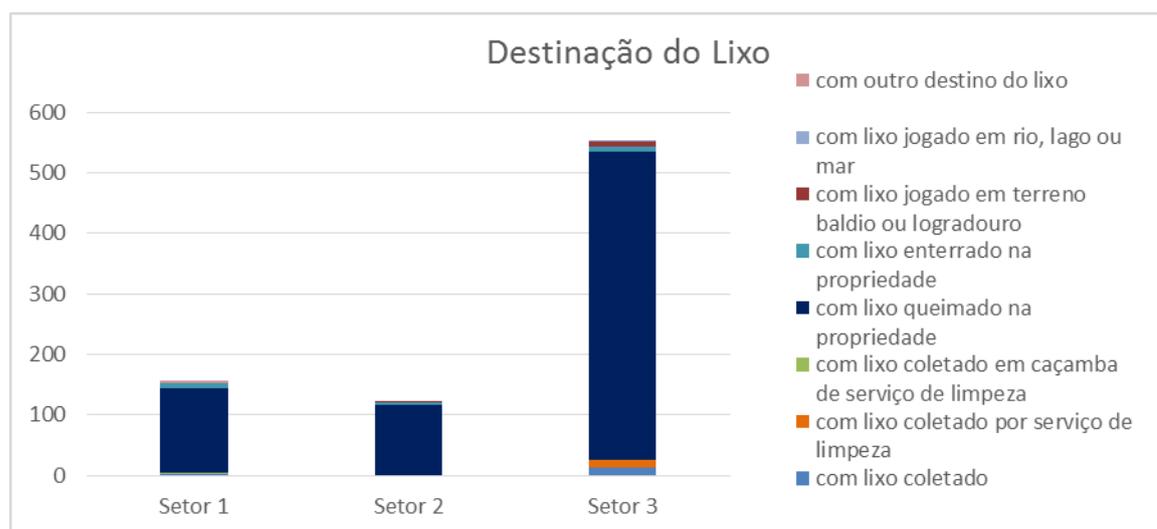
**Figura 8 – Domicílios particulares permanentes segundo o indicador abastecimento de água**



**Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010**

Quanto ao destino do lixo, a maioria dos domicílios descarta através da queima na propriedade, ou seja, não há coleta de lixo (Figura 9). A forma caseira ou artesanal de incinerar o lixo é um processo perigoso e prejudicial ao meio ambiente, já que é feito muitas vezes é feito ao ar livre e sem cuidados. O outro problema está associado ao processo de combustão, uma vez que são liberados gases poluentes. A queima do lixo é altamente prejudicial devido à geração de resíduos altamente tóxicos resultantes da combustão de materiais como PVC e plásticos em geral. Os subprodutos mais perigosos advindos desse processo são as dioxinas, resíduos altamente tóxicos advindos da fabricação de materiais em PVC e outros processos que envolvam o uso do cloro. O perigo mais alarmante está na sua liberação através da queima.

**Figura 9- Domicílios particulares permanentes segundo a destinação do lixo**



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010.

### 3.3.3 Educação

Segundo o Censo 2010, o número de pessoas responsáveis alfabetizados (as) com mais de 10 anos de idade em domicílios particulares para o setor (1) foram contabilizadas 114 pessoas, para o setor (2) haviam 85 pessoas e para o setor (3) 385 pessoas. A faixa etária mais jovem, até os 22 anos de idade, é grupo com maior número de pessoas alfabetizadas, onde notou-se que esse número decresce conforme aumenta a idade. Diante disso, é possível inferir que há frequência maior das crianças e jovens no ensino, porém, o perfil dos residentes na área é de que usualmente tendem a interromper os estudos para trabalhar ou são desestimulados devido à dificuldade de acesso às melhores oportunidades de ensino na região.

Segundo dados do Censo Escolar 2014, publicados no Diário Oficial da União no dia 09 de janeiro de 2015 pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP, o número de matrículas nas escolas localizadas nas ilhas da reserva ainda é baixo e apresenta infraestrutura deficiente.

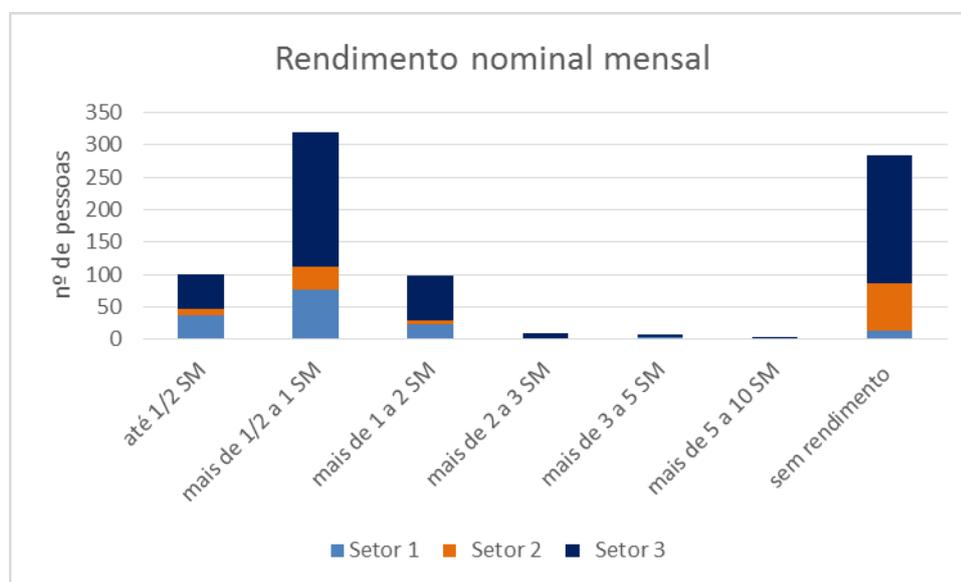
Em uma escola localizada na Ilha Cajazeirinha (Km 11, Lago UHE de Tucuruí) foram encontradas 11 matrículas, possui uma sala de aula, utiliza água do rio e não possui energia elétrica. Assim como outra unidade de ensino localizada na Ilha Mururé possui apenas uma sala de aula e conta com 18 alunos matriculados, além de também utilizar água do rio e não ter acesso à energia elétrica. Outra escola

localizada na Ilha do Km 24 (Fazenda Ouro Verde, Lago da UHE de Tucuruí) possui 225 alunos matriculados e não possui energia elétrica. A escola localizada na Ilha do Piquiá (Canal Caraipé, Lago da UHE de Tucuruí) apresenta também infraestrutura precária, pois também não possui acesso à energia elétrica e utiliza água do rio.

### 3.3.4 Aspectos Econômicos

A definição do IBGE para rendimento nominal mensal é “soma dos rendimentos (do trabalho e outras fontes) que uma pessoa de 10 anos ou mais de idade recebeu no período de um mês”. Dessa forma, a Figura 10 mostra que o número de pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal na faixa de meio até 1 Salário Mínimo – SM é o mais elevado nos três setores (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). E mais preocupante ainda, é o número elevado de pessoas sem rendimento mensal. Segundo levantamento realizado na região do Caraipé em 2006, 63% da renda estava em torno de menos de 1 SM a 1 SM, o que demonstra a estagnação econômica da população da área.

**Figura 10 – Rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis residentes na região da reserva**



**Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010**

As famílias da região desenvolvem atividades produtivas, predominantemente do setor primário da economia, onde 84% exercem atividades na pesca, lavoura de subsistência e criação de pequenos animais domésticos, tais como: galinha, porco, pato e peru. Destaca-se o setor da pesca artesanal no qual encontram-se envolvidas, aproximadamente 92% das famílias, que enfrentam ciclos ecológicos

diferentes, em relação aos períodos de cheia e seca do lago, em suas atividades de sobrevivência. Logo, a dinâmica da região é orientada pela condição do nível do reservatório, já que as atividades exercidas relacionam-se diretamente ao nível da água. Almeida e Cañete (2015) descrevem o cotidiano ao longo do ano da maioria das famílias:

“(...) Ao longo dos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio o lago enche e no início de junho alcança o mais alto nível de elevação. São nesses meses de enchente que a vida dos residentes do lago se torna mais fácil. O acesso de uma ilha para outra é feito por embarcações, até mesmo uma simples visita a um parente, até uma ida a igreja é feita de forma simples. O barco escolar embarca os estudantes na frente das suas residências, a água para o consumo e para os afazeres domésticos é capturada a alguns passos da cozinha. Os apetrechos de pesca ficam armados próximos às residências enquanto as mulheres e crianças estão fazendo a pesca do camarão. Todas essas atividades desenvolvidas acontecem próximo às casas. Em meados do mês de junho os pescadores começam a observar que a cada dia o nível da água desce e as dificuldades para a realização das tarefas mais simples começam surgir e aumentar (...)” (ALMEIDA; CAÑETE, 2015).

A dinâmica do comércio entre os habitantes das ilhas e a cidade é feito por atravessadores ou diretamente no mercado do Porto Km 11 em Tucuruí. Em função da pouca oferta em algumas áreas, houve alteração das rotas de compras dos intermediários no comércio de pescados entre os pescadores artesanais da RDS e o mercado consumidor das cidades de Tucuruí e Novo Repartimento, o que causou certa estagnação econômica em comunidades numericamente menores que dependiam dessa relação de compra e venda da produção, arcando com prejuízos ocasionados pelo método de conservação rudimentar (caixa de isopor e gelo) que não conservam a produção por um período acima de dois dias. (FERREIRA FILHO, 2010).

### **3.3.5 Aspectos Energéticos**

Conforme o levantamento de campo realizado em 2006 com 10 famílias residentes nas ilhas da região do Caraipé, revelou-se que o consumo de combustíveis não renováveis são os mais utilizados por essas famílias. A participação do óleo Diesel, da gasolina e do gás liquefeito de petróleo (GLP) é maior que a participação da lenha e do carvão vegetal (ROCHA, 2006).

O consumo de derivados de petróleo está em torno de 4,9 tep por ano, ou seja, cerca de 54% do consumo energético final. Desse total, 3,7 tep ano (75%) são consumidos no setor de transporte, enquanto que 1,2 tep (25%) são consumidos no setor residencial. Considerando as fontes energéticas, o consumo de óleo Diesel é de 2,5 tep por ano, de gasolina, 1,7 tep por ano e de GLP, 0,7 tep por ano, conforme mostra a Tabela 6.

**Tabela 6 - Projeção do balanço energético de dez famílias do entorno do reservatório da hidrelétrica de Tucuruí para 2006**

Setor	Lenha	Energia elétrica	Óleo diesel	Gasolina	GLP	Carvão Vegetal	Total
Produção	5,8	0,3	0	0	0	2	8
Importação	0	0	2,7	2,4	0,7	0	5,9
Oferta total	5,8	0,3	2,7	2,4	0,7	2	13,9
Exportação	0	0	0	0	0	0	0
Oferta interna	3,7	0,3	2,7	2,4	0,7	2	11,7
Total transformação	3,7	0,6	0,2	0,7	0	0	5,2
Unidades geradoras	0	0	0,2	0,7	0	0	0,9
Carvoarias	3,7	0	0	0	0	0	3,7
Perdas identificáveis	0	0,1	0	0	0	0	0,1
Consumo final energético	2,1	0,2	2,5	1,7	0,7	2	9,1
Setor residencial	2,1	0,2	0,5	0	0,7	2	5,4
Setor público	0	0	0	0	0	0	0
Transportes	0	0	2	1,7	0	0	3,7

Fonte: ROCHA, 2006.

Dentro dessa perspectiva, explica-se o elevado consumo de óleo Diesel no setor de transportes devido seu uso estar ligado a uma das principais atividades econômicas dos moradores dessa região que é a pesca. A gasolina também é bastante utilizada nesse setor e deve-se a isso ao preço mais acessível de grupos geradores e motores que utilizam esse combustível, assim como para geração de energia elétrica.

O consumo de lenha e carvão vegetal está relacionado ao fato de que muitas famílias não utilizam fogão a gás, geralmente porque não possuem acesso ao GLP, sendo assim, usam essas fontes energéticas devido a necessidade e não porque o carvão vegetal e a lenha são mais baratos.

Das famílias entrevistadas, sete delas tinham acesso à energia elétrica, sendo que duas possuíam pequenos grupos geradores e cinco usavam baterias automotivas. A energia elétrica é utilizada para iluminação, exclusivamente das residências onde existem grupos geradores, e para colocar em funcionamento rádios, aparelhos de som e televisores.

Outra amostra levantada em 2006 com um total de 102 famílias que responderam questionários, sendo 91 famílias residentes na região do Caraipé (amostras provenientes das comunidades Água Serena, Água Fria, Água Clara, Rio Jordao, Mururé, Cajazeira Grande, Cajazeirinha, Piquiá, Acapu, Vila Cameta e Mocaba). Como resultado, foram contabilizados 206 equipamentos pertencentes às famílias da região do Caraipé, conforme a Tabela 7. A potência total da comunidade de Caraipé foi de 11196 W (ROCHA, 2006).

A ausência de especificação das potências de alguns aparelhos na tabela diz respeito à incongruência de valores indicados pelas concessionárias e a realidade local, já que foram verificados que esses aparelhos apresentam baixo consumo, devido na maior parte dos casos às dimensões dos equipamentos, como rádios de baixa potência, televisores de 12 polegadas, ferros elétricos que são aquecidos no fogão, etc.

Outra amostra realizada em maio de 2006 (ROCHA, 2006) por pesquisa de campo com 10 famílias residentes na área de entorno da UHE de Tucuruí mostrou que a energia elétrica é usada tanto para a iluminação, exclusivamente das residências onde existem grupos geradores, e para colocar em funcionamento

rádios, aparelhos de som e televisores. Do total de famílias entrevistadas, sete delas tinham acesso à energia elétrica, sendo que duas possuíam pequenos grupos geradores e cinco usavam baterias automotivas. A potência dos eletrodomésticos e equipamentos elétricos existentes nos domicílios das famílias entrevistadas estava em torno de 2,3 kW, sendo que a potência do ferro elétrico corresponde praticamente a metade desse total.

**Tabela 7 - Levantamento da quantidade de equipamentos nas comunidades do Caraipé e Ararão**

<b>Tipo de eletrodoméstico</b>	<b>Caraipé</b>	<b>Potência por equipamento (W)</b>	<b>Potência Total (W)</b>
Rádio	58	10 <sup>a</sup>	580
Fogão	53	*	-
Televisão	48	100	4800
Aparelho de som	20	50	1000
Ferro elétrico	8	*	-
Ventilador	5	100	500
Geladeira	3	250	750
Máquina de lavar roupa	3	400	1200
Bomba d'água	2	335	670
Despolpadeira de açaí	1	246 <sup>b</sup>	246
Máquina de costura	1	100	100
Freezer	1	250	250
Frigobar	1	*	-
Aparador de grama	1	*	-
Ar condicionado	1	1100	1100
<b>Total</b>	<b>206</b>		<b>11196</b>

<sup>a</sup> A potência do rádio foi estimada para o consumo de rádio elétrico pequeno (RENDEIRO et al., 2008).

<sup>b</sup> A potência estimada é referente à uma máquina de açaí de aço inoxidável de 1/3 hp, modelo simples de 1 tambor da fabricante Fricontel Com. e Refrigeração LTDA.

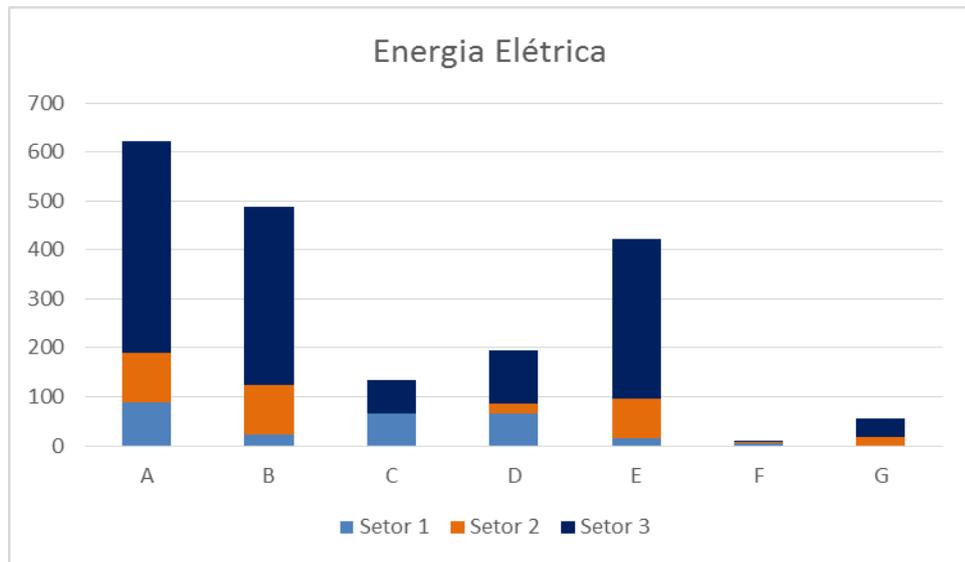
**Fonte: ROCHA, 2006.**

Segundo Sousa et al. (2013), 58% da população ribeirinha não possui nenhuma fonte de energia elétrica, utilizando como utensílio de iluminação, à noite,

a lamparina, equipamento rústico que funciona a base querosene; 26% utiliza gerador como fonte de energia elétrica; 2% dos entrevistados utiliza uma fonte de energia renovável - placa solar.

Dados publicados pelo Censo 2010, o acesso à eletricidade por companhia distribuidora mostrou-se significativo nos três setores, mas deve-se ressaltar que estão inseridos nesses setores famílias que não são residentes da reserva, pois o número de domicílios sem acesso à energia está relacionado principalmente às famílias que residem em localidades mais afastadas e com difícil acessibilidade geográfica terrestre, considerando que o entorno da reserva é composto por ilhas em que estão localizadas comunidades isoladas. Dessa forma, o Censo mostra que os domicílios sem acesso à eletricidade para o setor (1) é 66, para o setor (2) 21 domicílios particulares permanentes e para o setor (3), o mais populoso, contabiliza 107 domicílios (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). A Figura 11 mostra quantos domicílios possuem acesso à energia elétrica nos 3 setores mencionados, classificados assim:

- A** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica;
- B** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de companhia distribuidora;
- C** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de outras fontes;
- D** - Domicílios particulares permanentes sem energia elétrica;
- E** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de companhia distribuidora e com medidor de uso exclusivo;
- F** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de companhia distribuidora e com medidor comum a mais de um domicílio;
- G** - Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de companhia distribuidora e sem medidor.

**Figura 11 – Domicílios segundo indicador acesso à energia elétrica**

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010.

## 4 POTENCIAL DE BIOMASSA RESIDUAL, SOLAR E EÓLICO

### 4.1 CONTEXTO

Para avaliar qual seria a melhor alternativa para atender energeticamente as comunidades isoladas nas regiões estudadas, é necessário analisar um modelo de energia que possa atender as famílias, considerando os equipamentos utilizados por essas famílias, seus hábitos de consumo, que servem de parâmetro socioeconômico para análise da demanda, visando dimensionar um sistema que atenda satisfatoriamente as necessidades da comunidade. Nesse caso, foi levantado através da literatura sobre o assunto, o potencial energético da região onde estão localizadas as comunidades, especialmente no que diz respeito ao potencial para implantação de sistemas fotovoltaicos, eólicos e biomassa residual, que neste caso foi avaliado para o resíduo da atividade local de despulpamento de açaí.

### 4.2 POTENCIAL DE BIOMASSA

#### 4.2.1 Características do Açaí

No contexto da região amazônica podem ser encontrados vários tipos de biomassa como os resíduos do açaí (*Euterpe oleraceae*), ouriço da castanha-do-pará (*Bertholletia excels*), casca do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), coco babaçu (*Attalea speciosa*), torta residual da andiroba (*Carapa guianensis*). Para a região estudada, este trabalho abordará a biomassa residual especificamente proveniente da atividade extrativista do açaí, sendo portanto necessário o conhecimento desse fruto, assim como sua produção no Estado e no entorno da área estudada.

O açaizeiro (*euterpe olerácea*, Mart.) (Figura 12) é uma palmeira endêmica do estuário amazônico. Sua predominância se dá principalmente nos solos de várzea, rico em nutrientes e em sedimentos com boas quantidades de N, Ca, P, K, e Mg [3]. Uma característica importante desta palmeira é seu crescimento em touceiras, composta por várias estipes que pode chegar até 25 pés em cada touceira, sendo que cada estipe produz anualmente de 5 a 8 cachos de fruto (CALZAVARA, 1972). Este valor pode variar devido os fatores de fertilidade e umidade do solo e também pela influência da intensidade luminosa, sendo a produção menor à sombra (ROGEZ, 2000).

**Figura 12 - Açaízeiro**



**Fonte: Prefeitura Municipal de Belém, 2016.**

A safra do açaí é basicamente dividida em dois períodos: a safra de inverno, onde a quantidade encontrada no mercado é baixa e a qualidade do fruto não é muito boa, e a safra do verão que também pode ser chamada de alta estação, onde a oferta é maior e com melhor qualidade. (Tabela 8).

**Tabela 8 - Distribuição da safra no decorrer do ano**

<b>SAFRA</b>	<b>MESES DO ANO</b>
Verão ou alta estação	AGO, SET, OUT, NOV e DEZ
Entressafra 1	JAN e FEV
Inverno ou baixa estação	MAR, ABR, MAI, JUN (parte)
Entressafra 2	JUN (parte), JUL

**Fonte: NASCIMENTO, 1992.**

Em relação ao poder calorífico dessa biomassa, foi calculado em laboratório da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) e para o caroço do açaí foi obtido um poder calorífico em média de 3.729 kcal/kg, desvio padrão de 31,31 e coeficiente de variação de 0,84 (ROCHA, 2006).

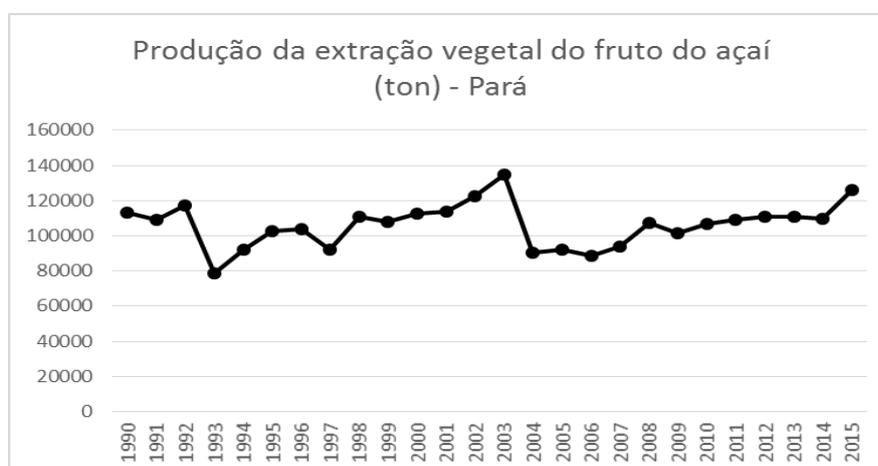
#### 4.2.2 Cadeia Produtiva do Açaí no Estado do Pará

A extração do açaí está entre as principais atividades produtivas das populações tradicionais amazônicas, pois representa fonte de renda e emprego, garantindo sua importância social, econômica e cultural. O açaí é uma das frutas com maior crescimento de demanda no mercado nacional e internacional, considerado um importante produto de desenvolvimento da economia Amazônica.

O mercado tende a se ampliar, na medida em que o processamento do açaí incorpore cada vez mais procedimentos que atendam exigências do mercado em termos de higiene, apresentação e qualidade do produto. Isto começa a acontecer com a atuação de algumas agroindústrias regionais que utilizam métodos e equipamentos mais modernos e oferecem produtos que satisfazem as necessidades do mercado consumidor.

O Pará destaca-se como o maior produtor nacional de açaí, porém a falta de dados estatísticos da coleta extrativa, de áreas manejadas e de plantios em terra firme (com e sem irrigação), torna difícil a estimativa da real produção de frutos de açaí. Os dados mais recentes disponibilizados pelo IBGE mostram uma instabilidade na quantidade produzida da extração vegetal do fruto do açaí, conforme demonstra a figura 13. A Secretaria do Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca – SEDAP destaca que as principais regiões produtoras do açaí do estado são as regiões de integração do Marajó e Tocantins (Figura 14).

**Figura 13 – Quantidade da produção da extração vegetal do fruto do açaí (ton) - Pará**



Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2015.



*domesticus*), o preparo da terra para o plantio, a coleta de frutos, como o uxi (*Endopleura uchi*), a castanha (*Bertholletia excelsa*) a produção de farinha de mandioca (*Manihot succulenta*) e o açaí (*Euterpe oleracea*). Sendo assim, o açaí apresenta-se como atividade extrativista pela população ribeirinha especialmente da RDS Alcobaça (Vila Cametá) ocorrendo a comercialização do fruto no período de Setembro a Dezembro.

Devido à falta de dados específicos da produção extrativista do açaí na região das ilhas da RDS Alcobaça, este trabalho irá considerar o potencial da região através da área inventariada, conforme o relatório do Projeto “Levantamento do Potencial de Biomassa para Produção de Energia Elétrica, em Comunidades Isoladas, no Entorno do Reservatório da UHE-Tucuruí” realizado em 2006 pela Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A, em parceria com as Universidade Federal do Pará e Universidade Federal Rural da Amazônia, juntamente com a Funpea – Fundação de apoio ao ensino, pesquisa e extensão em Ciências Agrárias, assim como informações da produção extrativista do fruto do açaí no município de Tucuruí publicado pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.

A caracterização da tipologia das áreas inventariadas no levantamento se deu primeiramente, com base na classificação tipológica proposta pelo Projeto Radam Brasil, em 1974, conforme apresentado pelo Relatório “Caracterização Ambiental – FLORA”, elaborado pelo Consorcio ENGEVIX-THEMAG para a Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A., e em segundo lugar com base nas informações de campo, observadas durante a realização do Inventário Florestal como, também, pelos dados obtidos através da análise das parcelas inventariadas, tais como: riqueza florística, frequência de ocorrência de árvores por hectare, volume por hectare, peso em toneladas por hectare e área basal das áreas das diferentes tipologias.

Dessa forma, segundo o Projeto Radam Brasil, 1974, foram ocorrentes e identificados os principais domínios fitofisionômicos na área de influência do lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí:

- **Tipologia 1 (Falc)** – Floresta aberta com cipó, latifoliada, relevo acidentado.
- **Tipologia 2 (Fdpm)** – Florestas Mistas em planícies aluvionais periodicamente inundadas.

- **Tipologia 3 (Fdoe)** - Floresta submontana, (com menos de 600m de altura), com dossel uniforme, relevo ondulado.
- **Tipologia 4 (Fdou+Famc)** - Floresta submontana, (com menos de 600m de altura), relevo dissecado, fortemente ondulado, com dossel uniforme. Subordinadamente, Floresta ombrófila aberta mista, relevo acidentado. Identifica-se área com forte antropização, proporcionando alto grau de ocorrência de babaçu.
- **Tipologia 5 (Fdou+Famc)** - Floresta submontana, (com menos de 600m de altura), relevo dissecado, fortemente ondulado, com dossel uniforme. Subordinadamente, Floresta ombrófila aberta mista, relevo acidentado. Identifica-se área com pouca ação antrópica.
- **Tipologia 6 (Fdae+Fala+Fama)** – Floresta aluvial com presença de árvores emergentes. Subordinadamente, Floresta ombrófila aberta com cipó, latifoliada, relevo aplainado. Subordinadamente, Floresta ombrófila aberta mista, relevo aplainado.
- **Tipologia 7 (Fdoe)** - Floresta submontana, (com menos de 600m de altura), relevo dissecado, fortemente ondulado, com dossel uniforme.

As áreas das tipologias selecionadas, foram localizadas e identificadas no mapa de vegetação elaborado na escala de 1:600.000 a partir das Cartas de Vegetação do Radam Brasil, pelo Consorcio ENGEVIX-THEMAG, no ano 2001, as quais foram inventariadas, através de 14 unidades de amostras de 10 m de largura por 200m de comprimento, em cada tipologia selecionada, totalizando assim 98 UA, onde foram identificadas as espécies, seu diâmetro a altura do peito e a altura do fuste das arvores, a partir de 15cm de diâmetro.

Para o caso do açai houve ausência dessa espécie de palmeira nas tipologias 1, 3 e 7, enquanto que considerando o total por t/ha a tipologia 6 apresentou o número mais elevado. A biomassa das palmeiras dessa espécie que ocorrem juntamente com as florestas remanescentes das diferentes tipologias foi detalhada quanto sua qualificação (espécies que ocorrem em cada tipologia) quanto a quantificação da ocorrência do número de touceiras por hectare, volume e peso por hectare para estipe, folha e total na Tabela 9.

Tabela 9 – Quantificação da biomassa da palmeira *Euterpe oleracea* [Mart] (Açaí)

	QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA POR TIPOLOGIA – AÇAÍ						
	Touceiras/ha	Estirpe m <sup>3</sup> /ha	Estirpe t/ha	Folha m <sup>3</sup> /ha	Folha t/ha	Total m <sup>3</sup> /ha	Total t/ha
<b>Tipologia 1</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tipologia 2</b>	0.5	0,0791	0,0237	0,0593	0,0172	0,1384	0,0646
<b>Tipologia 3</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Tipologia 4</b>	2	0,3166	0,0949	0,2375	0,0689	0,5541	0,1638
<b>Tipologia 5</b>	2.5	0,3958	0,1187	0,2968	0,0861	0,6926	0,2048
<b>Tipologia 6</b>	1	0,1583	0,9000	0,1187	0,0344	0,2770	1,0844
<b>Tipologia 7</b>	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: ROCHA, 2006.

Segundo relatório do Projeto mencionado anteriormente, foram classificadas as áreas antropizadas na RDS Alcobaça, onde foram identificadas as coordenadas geográficas, a descrição e o registro fotográfico. Assim, foram registradas e catalogadas coberturas do solo como plantações de pimenta, mandioca e açaí; pastos com capim plantado; terras preparadas para plantio; dentre outras tipos de cobertura; além da presença de terras nuas.

Destas diferentes formas de antropização das áreas florestais, as que mais chamam a atenção são a plantação agrícola da espécie açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), pertencente à família botânica Arecaceae e a presença de terras com capim plantado (ROCHA, 2006). Com o surgimento das ilhas após a formação do lago da UHE de Tucuruí, a população da região de entorno adotou a agricultura de açaí em grandes extensões de terra, identificadas através dos graus de antropização na região da RDS do Alcobaça, conforme a figura 15.

**Figura 15 - Área agrícola de Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), na RDS do Alcobaça, nas coordenadas S 03° 47.294' e W 49° 48.845'**



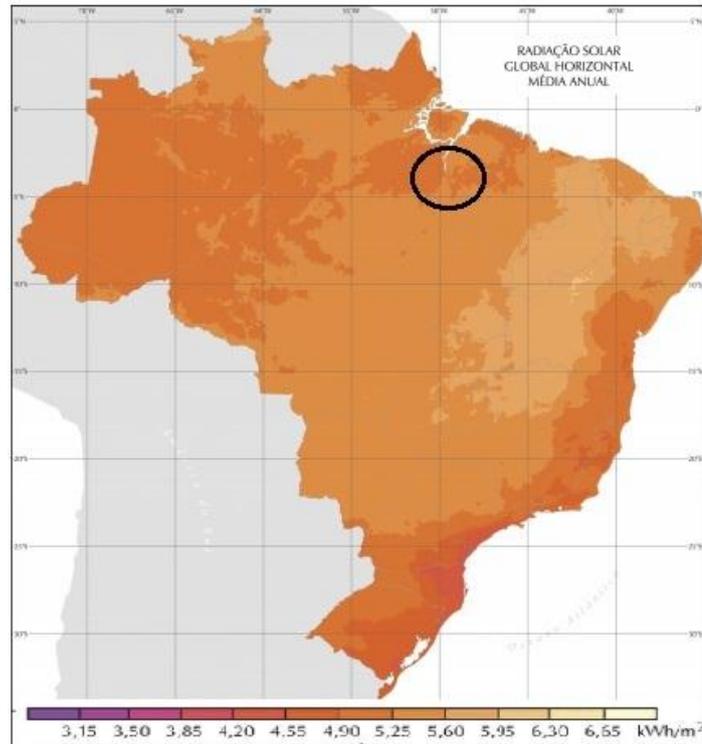
**Fonte: ROCHA, 2006.**

### **4.3 POTENCIAL SOLAR**

A menor irradiação global no Brasil é de 4,25 kWh/m<sup>2</sup> (no litoral norte de Santa Catarina) e a maior é de 6,5 kWh/m<sup>2</sup> (norte da Bahia). Dessa forma, a irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro varia de 4.200 a 6.700 kWh/m<sup>2</sup>/ano, superior às verificadas em outros países que hoje são expoentes do uso da energia solar: 900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano na Alemanha; 900 a 1.650 kWh/m<sup>2</sup>/ano na França; e 1.200 a 1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano na Espanha (PEREIRA et al., 2006).

O estado do Pará apresenta radiação solar média anual na faixa de 4,55 a 5,60 kWh/m<sup>2</sup>, apresentando um potencial solar propício para geração de energia elétrica a partir dessa fonte (Figura 16). Em relação a área de estudo destacada – Tucuruí, o mapa mostra um índice de radiação solar na faixa superior a 4,55 e abaixo de 4,90 kWh/m<sup>2</sup>.

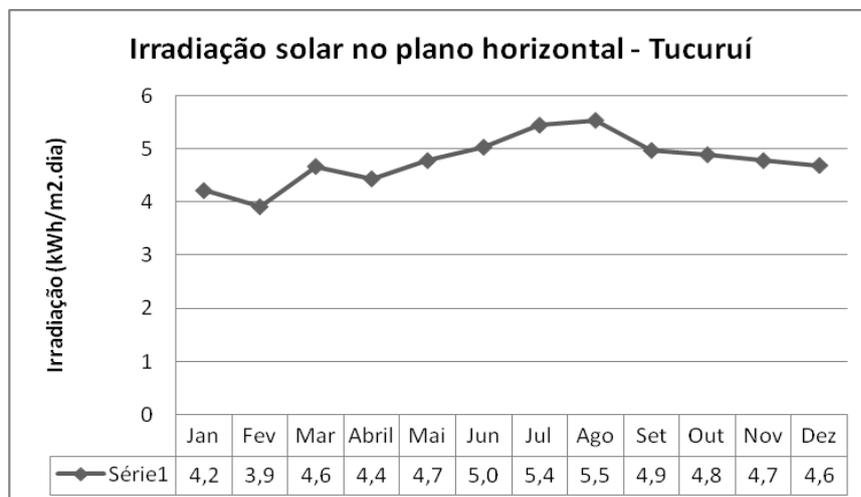
**Figura 16 – Radiação solar anual média**



Fonte: (PEREIRA et al.,2006) Adaptado.

Segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB), a irradiação solar diária média para a coordenada geográfica 3,86956° S, 49,83792° O é 4,78 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Os meses com maior irradiação solar estão entre Maio e Agosto, atingindo níveis superiores a 5 kWh/m<sup>2</sup>.dia no auge do “verão amazônico” (Figura 17).

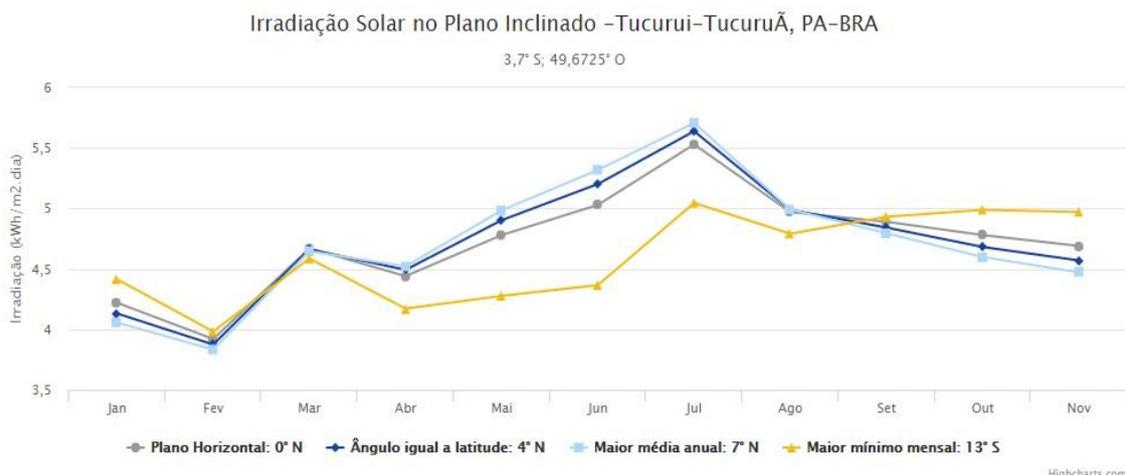
**Figura 17 – Irradiação solar diária media no plano horizontal em Tucuruí, PA**



Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2016

A radiação total, que é a incidente sobre uma superfície inclinada, inclui as duas componentes, direta e difusa, mais uma parcela devida à radiação refletida na superfície e nos elementos do entorno, que é função do albedo (índice relativo à fração da energia solar, recebida em uma unidade de área, devida à refletância dos arredores e do solo onde está instalado um dispositivo) do local. A radiação total é muitas vezes referida na literatura como “radiação inclinada” ou “radiação no plano inclinado” sendo, neste caso, correspondente à radiação recebida em uma superfície com inclinação igual à latitude do local. Os dados do SunData do CRESESB indicam no gráfico abaixo (Figura 18) a irradiação solar no plano inclinado para a coordenada 3,7° S, 49,6725° O referente ao município de Tucuruí, distante 26,3 km da coordenada de referência utilizada anteriormente (3,86956° S, 49,83792°).

**Figura 18 – Irradiação solar diária média mensal no plano inclinado em Tucuruí, PA**



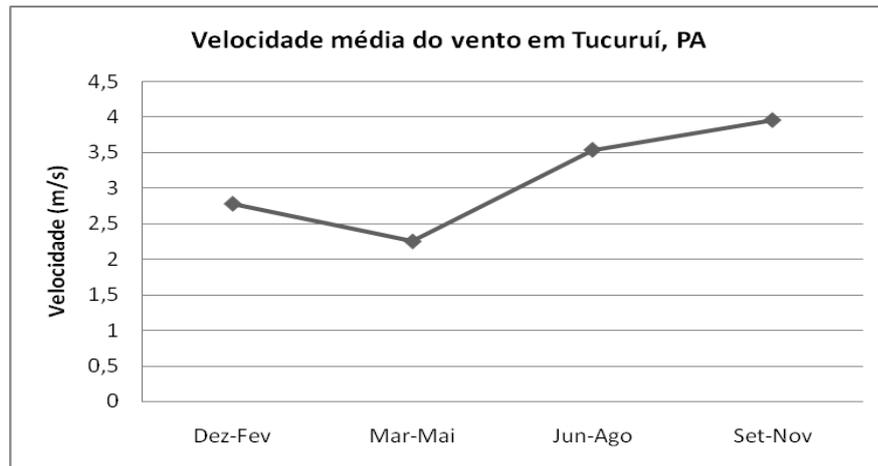
Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2016.

#### 4.4 POTENCIAL EÓLICO

Segundo o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, no que se refere à Bacia Amazônica Ocidental e Central, estendida aproximadamente entre as latitudes 10° S e 5° N, e longitudes 70° W e 55° W, as velocidades médias anuais de vento a 50m de altura através dessa região são inferiores a 3,5m/s. Para a região da Bacia Amazônica Oriental, que abrange a área continental a partir da longitude 55° W (Santarém, PA) até aproximadamente 100 km da costa que se estende entre o Amapá e o Maranhão, o vento médio anual é também geralmente inferior a 3,5m/s.

Para a região do município de Tucuruí, a média anual, segundo dados coletados a 50 m de altura, é de 3,13 m /s, onde a média maior é encontrada no período de Setembro a Novembro, atingindo velocidade média de 3,96 m /s (figura 19).

**Figura 19 – Velocidade média do vento no município de Tucuruí, PA**



**Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito, 2016**

## 5 ANÁLISE DA VIABILIDADE DOS SISTEMAS ENERGÉTICOS

### 5.1 CONTEXTO

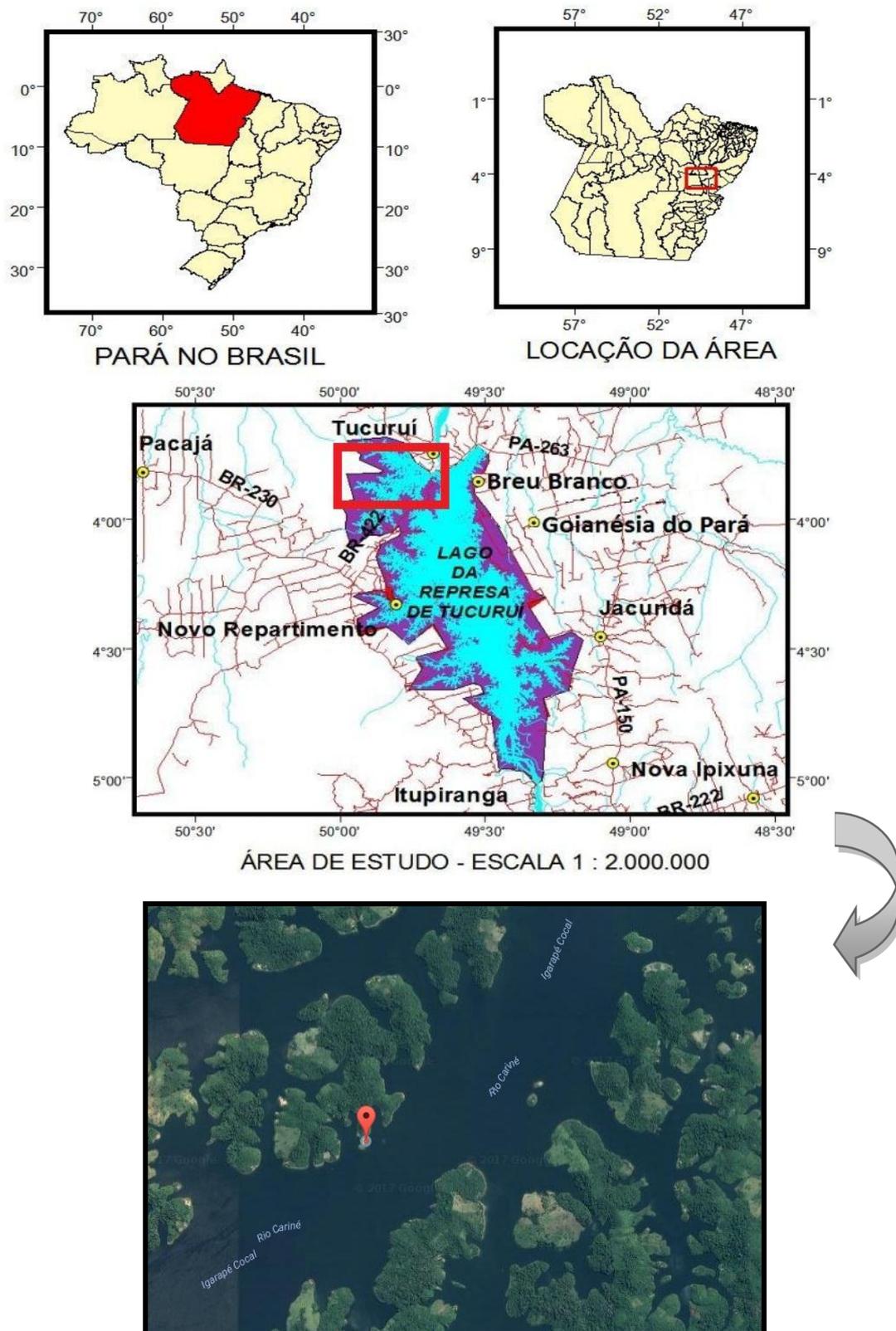
Como a área de abrangência possui grande extensão e pouca informação acerca do número de famílias residentes em cada ilha, foi selecionada uma comunidade no entorno do lago da UHE de Tucuruí para análise de viabilidade de sistemas energéticos baseados em fontes renováveis (biomassa, eólico e fotovoltaico) e sistema Diesel. Di Lascio (2009) discorre sobre essas dificuldades afirmando que:

“A definição de um padrão médio de comunidade é complexa, pois as distâncias entre as construções são muito irregulares. Às vezes aparece uma mata ou um rio entre as casas, e ora as moradias estão alinhadas, ora estão em círculo. A distribuição espacial é importante porque alerta para os problemas locais, como queda de barreiras, alagados e outros obstáculos, que dificultam à extensão das pequenas redes de energia elétrica.” (DI LASCIO; BARRETO, 2009)

Devido à complexidade da definição dessas distâncias, foi selecionada para estudo apenas a comunidade denominada Vila Cameté (3°53'06.0"S, 49°46'33.0"W) na RDS Alcobaça, localizada conforme destaca a Figura 20. Foi construído um cenário em que as residências isoladas não possuem vizinhos em raio mínimo de 200 metros e sem perspectiva de atendimento de energia elétrica pelo processo mais convencional via rede de distribuição.

Além disso, o cenário representa uma residência referencial para um número médio de 6 habitantes, 3 a 5 cômodos e um banheiro externo. Para tanto, considerou-se a classe de atendimento de 80 kWh/mês considerando que a residência possui iluminação para cada cômodo e equipamentos como máquina de “bater açaí” e bomba d’água. A seguir serão avaliados os sistemas energéticos que poderiam atender a essa demanda e posteriormente será realizada a análise econômica. Vale ressaltar que o sistema mais viável economicamente nem sempre é o que trará maior benefício às famílias, segundo o viés do Planejamento Integrado de Recursos.

Figura 20 – Localização da área de estudo (retângulo vermelho), Vila Cameté, Tucuruí - PA



Fonte: Adaptado de FERREIRA FILHO, 2010; GOOGLE MAPS, 2017.

## 5.2 SISTEMA BIOMASSA

A comunidade selecionada possui como atividade a produção do açaí, ocorrendo a comercialização do fruto no período de Setembro a Dezembro. Para tanto, o sistema baseado no uso da biomassa estaria integrado à atividade econômica da população local, visto que há geração elevada de resíduo (caroço de açaí) tratado usualmente como lixo e sem aproveitamento.

Diante das possibilidades de conversão da biomassa em energia elétrica, a tecnologia escolhida para este estudo foi a gaseificação, considerando que a comunidade possui baixa demanda energética e são comercializados gaseificadores de baixa potência, além de que podem ser alimentados com a biomassa proveniente das proximidades. A tabela 10 expõe as vantagens e desvantagens de cada tecnologia.

**Tabela 10 – Vantagens e desvantagens das formas de conversão energética de biomassa**

<b>Tecnologia</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Biodigestão</b>	Poder calorífico apropriado para uso em motores ciclo Diesel ou Otto; o gás não precisa ser resfriado (temperatura ambiente); subproduto biofertilizante.	Falta de rede de saneamento nas comunidades isoladas no entorno da UHE de Tucuruí, o que traria transtornos à implementação do sistema e aumentaria os custos, além da quantidade de matéria prima para suprir o sistema.
<b>Transesterificação</b>	Produção local de biodiesel, valorização da matéria-prima nativa através da coleta de oleaginosas; capacitação da própria comunidade.	Falta de informações a respeito de oleaginosas da região e determinação de quais óleos vegetais seriam adequados para produzir biodiesel; necessidade de implantar o sistema em uma comunidade que já realizasse atividade de coleta de oleaginosas e extração de óleo.
<b>Caldeira e turbina a vapor</b>	Recente queda nos preços da turbina a vapor no mercado	Escala superior de potência a aplicável nas comunidades isoladas (maior viabilidade para potências acima de 250 kW)
<b>Gaseificação</b>	Sensível ao teor de umidade que influencia altamente a eficiência do equipamento; relativamente sensível a presença de materiais estranhos na carga de alimentação.	Permite atender comunidades isoladas com geradores de pequeno porte a um baixo custo; operação e instalação relativamente simples; disponibilidade de equipamentos de tecnologia nacional no mercado.

Fonte: ROCHA, 2006.

Em se tratando da localização geográfica das comunidades da Vila Cametá, observa-se que a logística de transporte de biomassa é difícil. Como solução, a biomassa residual pode ser usada localmente, em um sistema de gaseificação individual para o caso de residência isolada. Para tanto, a aplicação de um gaseificador de 1 kW seria o mais adequado para este caso, considerando atendimento de uma residência referencial, utilizando apenas iluminação e alguns equipamentos eletrônicos, com demanda total mensal (70%) de 80 kW /h, cujo sistema poderia suprir essa demanda considerando um funcionamento mínimo de 2 horas diariamente (2 kWh/dia). Considerando a produção local do açaí, esse sistema de pequeno porte residencial poderia ser alimentado localmente com pequena quantidade de biomassa residual (caroço de açaí), sendo para tanto 1 kg para gerar 1 kWh (BRITO NETO, 2006).

Em relação aos custos do sistema, a biomassa gerada seria consumida localmente (sem custos de coleta e transporte), sendo contabilizado apenas o consumo da Gasolina para o funcionamento do gerador que a 50% da carga possui autonomia de 5,4 h e tanque de 3,7 litros segundo especificações do fabricante. O custo do litro da gasolina em média de R\$ 4,14 na cidade de Marabá, a mais próxima de Tucuruí com valor estimado pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e B combustíveis, referente ao período de 12 a 18 de fevereiro de 2017.

O cálculo do custo anual do combustível foi feito para consumo estimado de 0,3 l/h (aproximado) para o mínimo funcionamento de 2 horas diárias considerando que o maior percentual seria suprido pelo gás de síntese proveniente da gaseificação do caroço de açaí a 20 % de umidade, para o custo anual de manutenção foi considerada a visita de um técnico especializado para verificação da parte elétrica, pelo menos duas vezes ao ano mais o transporte até o local. Para tanto, a tabela 11 mostra o custo de investimento do sistema de gaseificação de 1 kW e manutenção.

Tabela 11 – Custos do sistema do sistema de biomassa para gaseificador de 1 kW

<b>INVESTIMENTO</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Total</b>
Grupo Gerador 2 KVA à Gasolina monofásico (Frete incluso)	1	R\$ 3.325,15
Microventilador 138 /127 W	1	R\$ 309,00
Bateria Estacionária 150 ah	2	R\$ 1.786,00
Bomba d'água 12vdc /48 W	1	R\$ 220,00
Carregador de bateria	1	R\$ 378,00
Área coberta com piso para GG e Biogás	1	R\$ 1.500,00
Biogás (Reator, sistema de lavagem, tubulações, dep. Água, extrator de cinzas)	1	R\$ 7.000,00
<b>TOTAL<sub>I</sub> = R\$ 14.518,15</b>		
<b>MANUTENÇÃO</b>		
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Total</b>
Visita do técnico (manutenção elétrica) duas vezes ao ano	1	R\$ 500,00
Transporte de Ida /volta Belém-Tucuruí	2	R\$ 283,52
<b>TOTAL<sub>M</sub> = R\$ 783,52</b>		
<b>COMBUSTÍVEL</b>		
Gasolina (0,3 l/h)	-	R\$ 894,24
<b>TOTAL<sub>C</sub> = R\$ 894,24</b>		
<b>TOTAL<sub>(I + M + C)</sub> = R\$ 16.195,91</b>		

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO

O dimensionamento de um sistema fotovoltaico para o caso em questão (80 kWh/mês) considerou inicialmente o consumo diário 2667 Wh/dia ( $E_C$  = energia consumida). Em seguida, para o dimensionamento do banco de baterias, além da energia necessária para o consumo, foram avaliados os dias de autonomia do banco

de bateria, isto é, quantos dias o banco é capaz de fornecer energia ao sistema caso haja dias chuvosos ou nublados.

Usualmente, no caso de projetos de sistemas isolados, são utilizados valores entre 1,5 a 2,5 dias de autonomia, onde para este caso será utilizado 2 dias. Outro aspecto considerado é a profundidade de descarga do banco de baterias que determinará o tempo de vida útil do banco de baterias. Neste caso, será considerada uma profundidade correspondente a 30%. Logo, a energia armazenada ( $E_A$ ) no banco de baterias será:

$$E_A = 2667 \text{ Wh} \times 2 \text{ dias} = 5334 \text{ Wh}$$

Em seguida, é possível determinar a quantidade e configuração do banco de baterias. O número de baterias em série é dado pela equação abaixo:

$$N_{BS} = \frac{24}{12} = 2$$

Para determinar a quantidade de baterias em paralelo, primeiramente, deve-se determinar a capacidade de carga do banco de baterias em ampère-hora.

$$C_{BANCO} = \frac{5334}{24/0,3} = 741 \text{ Ah}$$

Para a determinação da quantidade de baterias em paralelo, consideraram-se baterias de 240 Ah. A equação abaixo determina esta quantidade:

$$N_{BP} = \frac{741}{240} = 3,08$$

Logo, a quantidade considerada serão três conjuntos em paralelos do banco de baterias.

Para determinar a quantidade de módulos será considerado o método de insolação para a determinação da energia produzida pelos módulos. Este método é utilizado quando se considera a utilização de controladores de carga que possuem o recurso MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). A energia produzida pelo módulo fotovoltaico é determinada pela seguinte fórmula:

$$E_p = HSP \times A_M \times \eta_M \quad (3)$$

Onde:

$E_p$ : Energia produzida pelo módulo diariamente;

HSP: Insolação diária (Horas de Sol Pleno);

$A_M$ : Área do módulo;

$\eta_M$ : Eficiência do módulo;

Portanto, considerando que para a área estudada (HSP = 3,92), tem-se que:

$$E_p = 3920 \times (1,64 \times 0,99) \times 16,9\% = 1075 \text{ Wh}$$

O número total de módulos necessários ao sistema é dado por:

$$N = \frac{E_c}{E_p} = \frac{2667}{1075} = 2,48 \text{ módulos}$$

Dessa forma, serão considerados dois módulos de 275 kWp ligados em série.

Para o dimensionamento do controlador de carga, devem ser considerados dois parâmetros: tensão de operação e corrente máxima fornecida pelos módulos. A corrente máxima fornecida pelo módulo é de 8,82 A, porém para garantir que a corrente do módulo não seja excedida, será utilizado um fator de segurança de 30%. A corrente corrigida é apresentada será, portanto:

$$I_c = 1,3 \times 8,82 = 11,47 \text{ A}$$

Considerando a corrente corrigida acima, o controlador funcionará com uma tensão de 24 V e corrente de 20 A. O inversor terá como características: tensão CC de entrada de 24 V, tensão CA de saída de 127 V e potência de 2000 W. Os custos do sistema fotovoltaico incluem dessa forma o investimento inicial e custo de manutenção com visita de técnico especializado, sendo necessárias duas visitas ao ano para verificação do sistema. A descrição dos custos é mostrada conforme a tabela 12 a seguir:

Tabela 12 – Custos do sistema fotovoltaico 275 Wp

<b>INVESTIMENTO</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço</b>	<b>TOTAL</b>
Módulo FV Yingli 275 Wp	2	R\$ 759,00	R\$ 1.518,00
Controlador MPPT Epsolar 20 A 12/24V	1	R\$ 589,00	R\$ 589,00
Inversor Xantrex Xpower1500W	1	R\$ 1.399,00	R\$ 1.399,00
Baterias de 220 Ah	6	R\$ 1.289,00	R\$ 7.734,00
Estrutura de Fixação /p 2 módulos	1	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Material Elétrico	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
Projeto	1	R\$ 400,00	R\$ 400,00
Instalação	1	R\$ 1.600,00	R\$ 1.600,00
Frete para baterias	-	R\$ 1.600,000	R\$ 1.600,00
Frete para módulos, controlador e inversor	-	R\$ 800,00	R\$ 800,00
<b>TOTAL<sub>I</sub> = R\$ 16.540,00</b>			
<b>MANUTENÇÃO</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
Visita do técnico (Manutenção elétrica) duas vezes ao ano	1 técnico	R\$ 250,00	R\$ 500,00
Transporte de ônibus Ida /volta Belém-Tucuruí	4 passagens	R\$ 70,88	R\$ 283,52
<b>TOTAL<sub>M</sub> = R\$ 783,52</b>			
<b>TOTAL<sub>(I + M)</sub> = R\$ 17.323,52</b>			

Fonte: Elaboração própria.

#### 5.4 SISTEMA EÓLICO

Na região em que está localizada a comunidade isolada em questão, verificou-se que a velocidade do vento anual é em média pouco superior a 3 m/s. Com os fatores C e k fornecidos pela CRESESB para a área em questão, é possível analisar a viabilidade do sistema eólico através de uma distribuição densidade de

probabilidade, a Distribuição de Weibull, que é a mais usual e apresenta melhor aderência aos casos mais variados de regimes de vento dada pela Equação 1:

$$f(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$v$  = velocidade para a qual se deseja calcular a probabilidade

$c$  = parâmetro de escala

$k$  = parâmetro de forma

Esta expressão é válida para  $k > 1$ ,  $v \geq 0$  e  $C > 0$ . Usualmente, o fator de forma  $k$  é designado pelo utilizador e é tipicamente escolhido em um intervalo de valores entre 1 a 3, onde para a maioria das aplicações, o valor adotado é 2 (Figura 21). Para uma dada velocidade do vento, um fator de forma pequeno indica uma distribuição relativamente larga das velocidades do vento em torno da velocidade média, enquanto que um fator de forma elevado indica o contrário. Enquanto que o parâmetro de escala tem a ver com a velocidade média, dada pela Equação 2:

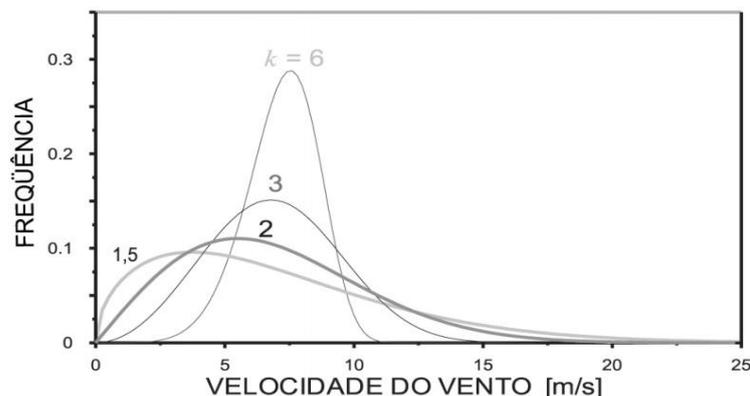
$$c = \frac{\bar{v}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$\bar{v}$  = velocidade média do vento medida à altura do anemômetro;

$\Gamma$  = Função Gama

**Figura 21 - Frequência de ocorrência de vento baseada na Distribuição de Weibull, para diferentes valores de  $k$**



Fonte: AMARANTE et al., 2001.

Conforme os dados fornecidos pelo Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sérgio Brito - CRESESB para a região de Tucuruí, os valores anuais de  $c$  e  $k$  para a região foram 3,51 e 1,75, respectivamente. A média de valores para  $c$  e  $k$  entre os meses Dezembro a Fevereiro, Março a Maio, Junho a Agosto e Setembro a Novembro, são mostrados conforme a tabela 13, assim como valores de densidade de potência e velocidade média do vento, medidos a 50 m de altura:

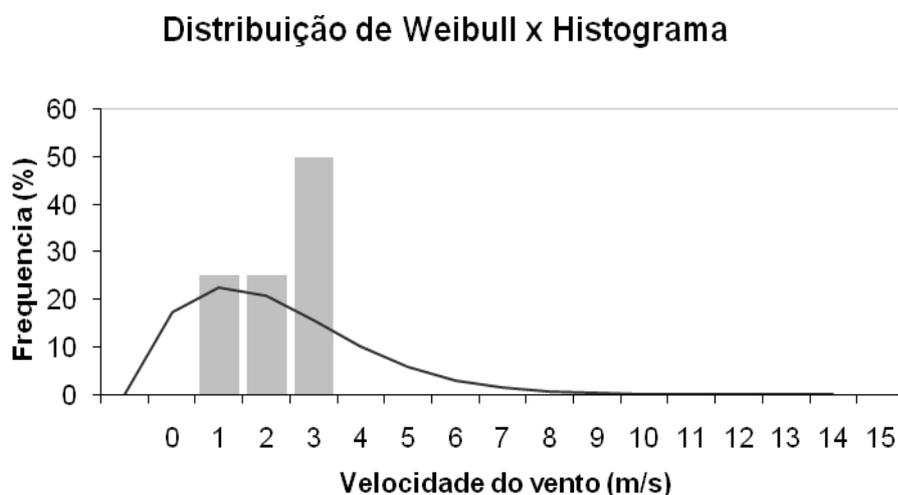
**Tabela 13 – Grandezas referentes ao sistema eólico para Tucuruí, PA**

Grandeza	Unidade	Dez-Fev	Mar-Mai	Jun-Ago	Set-Nov	Anual
Velocidade média do vento	m/s	2,78	2,25	3,54	3,96	<b>3,13</b>
Fator $c$		3,12	2,52	3,99	4,47	<b>3,51</b>
Fator $k$		1,77	1,65	2	2,05	<b>1,75</b>
Densidade de potência	W/m <sup>2</sup>	29	17	52	71	<b>42</b>

Fonte: CENTRO DE REFERÊNCIA EM ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO, 2001.

Conforme os cálculos realizados, o comportamento da densidade probabilidade de Weibull descreveu característica atípica para sistemas eólicos viáveis, visto que a velocidade do vento apresentou médias abaixo de 3 m/s em praticamente seis meses do ano, conforme mostra o gráfico representado pela figura 22:

**Figura 22 – Gráfico de Distribuição de Weibull x Histograma para região de Tucuruí, PA**



Fonte: Elaboração própria.

No caso da análise de viabilidade de microgeradores eólicos que atenderiam a uma baixa demanda residencial, o mais indicado seria medir a velocidade dos ventos para alturas entre 10 m e 40 m devido à maior proximidade do solo do que grandes aerogeradores. Como a velocidade do vento tende a ser menor quanto mais próximo do solo, deve-se analisar o entorno da edificação para identificação de possíveis obstáculos que possam influenciar o comportamento dos ventos.

No caso das residências localizadas na região estudada, em se tratando de estarem localizadas em uma ilha de uma reserva, o comportamento dos ventos poderia ser afetado principalmente por se tratar de uma região com vegetação densa nas proximidades, além de que deve ser feito estudo do solo para que seja instalada uma torre com microgerador eólico.

Portanto, vários fatores tendem a comprometer a viabilidade de implantação desse sistema na área estudada, diante de todas as condições geográficas, logísticas e climáticas da ilha. Logo, não serão calculados custos de implantação desse sistema para as comunidades isoladas localizadas na região em questão.

## **5.5 SISTEMA DIESEL**

A opção pelo Diesel é a mais comum em casos onde o acesso à energia elétrica é difícil, devido à facilidade de obtenção do combustível, quanto à logística e pelo fato de que o Diesel já faz parte do cotidiano das famílias ribeirinhas do entorno do lago da UHE de Tucuruí, principalmente quem possui gerador para suprir suas necessidades energéticas e para abastecimento do motor das embarcações.

Nesse sentido, esse tipo de combustível também é uma alternativa que deve ser considerada para análise em questão, visto que, embora seja um combustível fóssil, o Diesel é uma opção viável em termos de suprimento energético na região, pois a partir do Porto Km 11 no município de Tucuruí, as embarcações podem realizar o carregamento e levar o combustível até a localidade, neste caso, a Vila Cametá na RDS Alcobaça. Para a demanda hipotética em questão (80 kWh/mês), um grupo gerador à Diesel de 2,2 KVA poderia ser suficiente, portanto, a tabela 14 a seguir mostra os custos para esse sistema, considerando que a média do preço do Diesel é de R\$ 3,35 na cidade mais próxima (Marabá), segundo a Agência Nacional

do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis para o período entre 12 e 18 de fevereiro.

**Tabela 14 – Custos do sistema Diesel**

<b>INVESTIMENTO</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
Grupo Gerador à Diesel 2,2 KVA Agrale	1	R\$ 3.190,00	R\$ 3.190,00
<b>TOTAL<sub>I</sub> = R\$ 3.190,00</b>			
<b>MANUTENÇÃO</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
Visita do técnico (Manutenção elétrica) duas vezes ao ano	1 técnico	R\$ 250,00	R\$ 500,00
Transporte de ônibus Ida /volta Belém-Tucuruí	4 passagens	R\$ 70,88	R\$ 283,52
<b>TOTAL<sub>M</sub> = R\$ 783,52</b>			
<b>COMBUSTÍVEL</b>			
<b>Descrição</b>	<b>Qtd</b>	<b>Preço</b>	<b>Total</b>
Diesel (funcionamento 3h diário)	876 l/ano	R\$ 2.934,60	R\$ 2.934,60
<b>TOTAL<sub>C</sub> = R\$ 2.934,60</b>			
<b>TOTAL<sub>(I + M + C)</sub> = 6.908,12</b>			

Fonte: Elaboração própria.

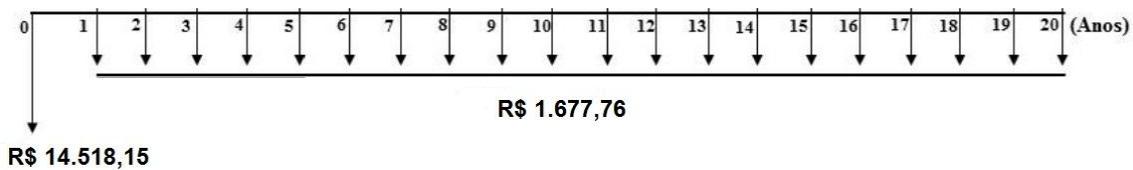
## 5.6 VALOR PRESENTE LÍQUIDO

Para análise da viabilidade do investimento em geração de energia comparando-se os sistemas Biomassa, Fotovoltaico e Diesel para a região estudada, a etapa de determinação do Valor Presente Líquido (VPL) foi realizada através de uma função do O *software Microsoft Excel*. Para tanto, utilizou-se como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a Taxa de Juros De Longo Prazo (TJLP), operada para projetos de energias renováveis do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com valor base de 7,5% ao ano

para o último trimestre do ano de 2016. (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, 2016).

Para tanto, foi feito o fluxo de caixa para um período de vida útil dos sistemas, no total de 20 anos. Para o sistema de biomassa, um investimento no valor de R\$ 14.518,15 no ano 0 e custos de manutenção mais custos de combustível no valor de R\$ 1.677,76 tem-se o seguinte fluxo de caixa ilustrado pela figura 23:

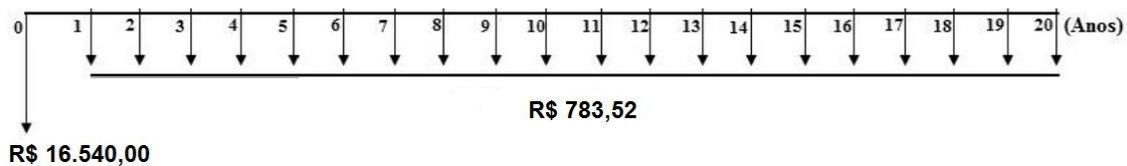
**Figura 23 – Fluxo de Caixa para o Sistema Biomassa**



Fonte: Elaboração própria.

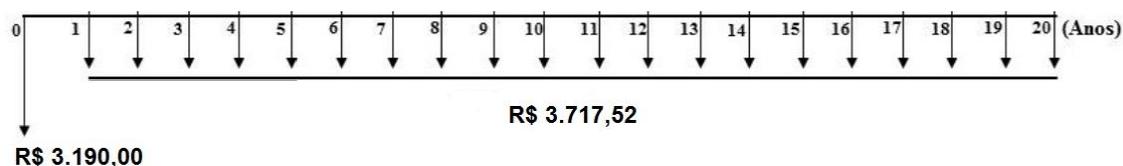
Para o sistema Fotovoltaico, para o mesmo período de vida útil (20 anos), o custo de investimento no ano 0 é de R\$ 16.540,00 e para manutenção o custo anual é de R\$ 783,52. Portanto, tem-se o seguinte fluxo de caixa representado pela figura 24.

**Figura 24 – Fluxo de Caixa para o Sistema Fotovoltaico**



Fonte: Elaboração própria.

Para o sistema Diesel, considerando também o mesmo período de vida útil (20 anos), o custo de investimento no ano 0 é de R\$ 3.190,00 e para manutenção e combustível o custo anual é de R\$ 3.717,52. Portanto, tem-se o seguinte fluxo de caixa, ilustrado na figura 25:

**Figura 25 – Fluxo de Caixa para o Sistema Diesel**

Fonte: Elaboração própria.

Os valores encontrados pelos cálculos de VPL para os três sistemas apresentaram o sinal negativo devido ao fato de que está sendo considerados apenas os custos dos sistemas, logo, a análise do sistema mais viável por essa perspectiva, será o VPL de maior valor. O sistema Fotovoltaico apresentou VPL maior dentre os três sistemas analisados, conforme a tabela 15:

**Tabela 15 – Valores de VPL para os sistemas analisados**

Sistema	VPL
Biomassa	R\$ - 31.622,06
Fotovoltaico	R\$ - 24.527,59
Diesel	R\$ - 41.088,23

Fonte: Elaboração própria.

## 5.7 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A avaliação de viabilidade econômica para o caso estudado mostrou que o Sistema Fotovoltaico possui maior vantagem em relação aos demais. Porém, considerando uma análise além do aspecto de viabilidade econômica, o Sistema Biomassa tem como possibilidade integrar a atividade econômica local (extrativismo do açaí) ao processo de aproveitamento dos resíduos dessa atividade para geração de energia local. Logo, para o incremento de uma atividade econômica, o Sistema Fotovoltaico representaria desvantagem porque seria necessário maior investimento em placas fotovoltaicas que encareceria o sistema, enquanto que para a biomassa isso poderia ser resolvido aumentando as horas de funcionamento do sistema.

Dessa forma, um modelo energético baseado no uso da biomassa local tem como principal característica o respeito às características intrínsecas às comunidades estudadas, principalmente no sentido de considerar as atividades econômicas locais, condições geográficas e climáticas, perfil próprio dos moradores dessas comunidades, além de possibilitar o incentivo à geração de emprego e renda, aproveitando o potencial da biomassa que usualmente é descartada em proveito dos próprios ribeirinhos.

Sob essa perspectiva, o aproveitamento da biomassa residual proveniente da atividade produtiva da extração do açaí impulsionaria o modelo de desenvolvimento sustentável na região, já que Di Lascio e Barreto (2009) corrobora a idéia de que as populações ribeirinhas são as que reúnem mais requisitos para implantar esse modelo, baseado em produtos sofisticados da floresta para mercados seletivos. Assim, Aragón (1991 apud Di Lascio, 2009, p.123) completa a idéia de que o saber dos ribeirinhos em relação ao ecossistema e recursos naturais constitui importante aspecto para o desenvolvimento sustentável:

“Desse modo, na Amazônia, a obtenção de renda a partir da extração de produtos nativos não madeireiros da floresta, e mesmo de madeiras liberadas por um manejo florestal comprometido com a conservação do ambiente natural, promete ser uma forma de valorizar a floresta e obter mais lucros do que simplesmente com a sua destruição. A extração de seringa, de castanhas do Pará, de frutos de palmeiras e de árvores (açaí, andiroba, buriti, bacaba, copaíba, etc), de óleos, de corantes vegetais, de substâncias alcalóides para a farmacologia e química, de substâncias com valor fungicida ou herbicida, madeiras nobres, etc, são algumas das possibilidades cuja renda supera em muito a produção de gado na região” (ARAGÓN, 1991 apud DI LASCIO; BARRETO, 2009, p. 123).

Segundo o PIR, não se deve analisar apenas economicamente o atendimento energético, mas também considerar aspectos socioeconômicos e ambientais no processo de planejamento. Dessa forma, para o estudo das comunidades no entorno da UHE de Tucuruí, foi feito um levantamento específico considerando fatores sociais, econômicos, ambientais e levantamento do potencial energético local, para nortear o processo de implantação de um sistema que esteja de acordo com a realidade local e possibilite melhores condições para que essas comunidades possam desfrutar de maior qualidade de vida baseado no aproveitamento das potencialidades locais integradas às atividades cotidianas para promoção do desenvolvimento dessas localidades.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da formação do lago pelo barramento do rio Tocantins para construção da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, e a conseqüente formação de em seu interior de aproximadamente 1.500 ilhas, foi estabelecida uma dinâmica sócio espacial no interior do lago, formando uma interação diversificada entre o ecossistema e os atores sociais, visto que a ocupação de forma não prevista no projeto intensificou o fluxo migratório para o município de Tucuruí devido à construção da hidrelétrica, o que tem ocasionado ao longo dos anos instabilidade na região devido aos conflitos em torno dos impactos causados pela UHE de Tucuruí.

Os esforços feitos em reparar esses impactos através da criação do Mosaico de Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí pouco têm melhorado a qualidade de vida da população que ocupa as ilhas do entorno do lago. Os dados do Censo 2010 mostraram que em relação aos aspectos socioambientais, o número de domicílios particulares com esgotamento sanitário via fossa rudimentar é elevado na região, além de que muitos não possuem banheiro e nem sanitário, sendo classificados assim como inadequados. Em relação ao abastecimento de água, a maioria é feita através de poço ou nascente na propriedade, o que pode comprometer a qualidade da água consumida devido à facilidade de contaminação das águas nascentes. Quanto ao destino do lixo, não há coleta, portanto, a maioria dos domicílios descarta através da queima na propriedade (forma caseira), ocasionando impactos ambientais.

Em relação à educação, os dados do IBGE mostraram que o grupo de pessoas até 22 anos de idade possui maior número de pessoas alfabetizadas e esse número decresce conforme aumenta a idade. Nesse sentido, inferiu-se que o devido à dificuldade de acesso às melhores oportunidades de ensino na região (ensino médio e superior) devido a pouca infraestrutura das escolas rurais da região, os habitantes da região são desestimulados a continuarem os estudos e usualmente tendem a interromper para trabalhar em atividades tradicionais como pesca e agricultura.

O rendimento nominal mensal dos responsáveis, segundo o IBGE, está na faixa de meio até 1 Salário Mínimo, além de elevado número de pessoas sem rendimento. As famílias da região desenvolvem atividades produtivas, predominantemente do setor primário da economia, onde 84% exercem atividades

na pesca, lavoura de subsistência e criação de pequenos animais domésticos, tais como: galinha, porco, pato e peru. A pesca artesanal é uma das fontes principais de renda das famílias, porém muito tem se discutido a respeito dos impactos causados nessa atividade devido ao fato de que os pescadores enfrentam ciclos ecológicos diferentes, em relação aos períodos de cheia e seca do lago. Conseqüentemente, as atividades produtivas são orientadas pela condição do nível do reservatório, devido ao nível da água.

Em relação ao perfil energético, notou-se que o consumo de Diesel e gasolina está relacionado ao cotidiano das famílias, para consumo residencial em geradores e no setor de transportes, nesse caso, em embarcações. Segundo o IBGE, há 194 domicílios sem energia elétrica na região do lago e número considerável de domicílios com energia de outras fontes. Vale ressaltar que o acesso por companhia distribuidora mostrou-se elevado, porém esses dados dizem respeito aos três setores censitários que englobam a região do lago, logo, foram contabilizados tanto domicílios próximos à cidade de Tucuruí quanto das ilhas em si.

A fim de estudar um modelo energético viável na região, foi levantado o potencial de biomassa residual proveniente da atividade produtiva da região, no caso, extrativismo de açaí; potencial solar e eólico. Constatou-se que para o caso da biomassa, a quantificação da biomassa em estudos anteriores mostrou que das diferentes formas de antropização das áreas florestais, as que mais chamam a atenção são a plantação agrícola da espécie açaí (*Euterpe oleracea* Mart.), pertencente à família botânica Arecaceae e a presença de terras com capim plantado. Logo, com o surgimento das ilhas após a formação do lago da UHE de Tucuruí, a população da região de entorno adotou a agricultura de açaí em grandes extensões de terra, identificadas através dos graus de antropização na região da RDS do Alcobaça. Portanto, a biomassa possui elevado potencial para geração de energia local, considerando a facilidade de acesso a este insumo e o grau de familiaridade das populações da região com a extração de açaí.

Em relação ao potencial solar, a irradiação solar diária média para a região de Tucuruí é 4,78 kWh/m<sup>2</sup>.dia, onde os meses com maior irradiação solar estão entre Maio e Agosto, atingindo níveis superiores a 5 kWh/m<sup>2</sup>.dia no auge do “verão amazônico”. O potencial eólico da região, segundo dados coletados a 50 m de altura, a media anual da velocidade dos ventos é de 3,13 m /s, onde a média maior é

encontrada no período de Setembro a Novembro, atingindo velocidade média de 3,96 m/s.

Com todas essas informações, foi possível chegar a um denominador comum, onde foi determinada uma comunidade referente à RDS Alcobaça para aplicação de um modelo que considerou uma demanda de 80 kWh/mês e residências isoladas, conforme o sensoriamento remoto da região estudada. Para tanto, um sistema de biomassa para atender uma residência isolada foi dimensionado para essa demanda utilizando um gaseificador de 1 kW, totalizando R\$ 16.195,91 (investimento, combustível e manutenção). O sistema eólico mostrou-se inviável devido ao perfil de velocidade dos ventos para a região e as condições geográficas pouco favoráveis para a implementação desse sistema. Para o sistema fotovoltaico, considerando a demanda referencial, a todo os custos somaram R\$ 17.323,52. Também foi considerado o Sistema Diesel, que é a alternativa mais comum encontrada pelos moradores da região, devido à maior familiaridade com esse tipo de geração e facilidade de acesso ao combustível; nesse caso, os custos para esse sistema foram de R\$ 6.908,12 para a demanda estipulada no estudo de caso.

Após a análise econômica, foi utilizado o Valor Presente Líquido para os três sistemas e verificou-se que o sistema fotovoltaico apresentou maior VPL, seguido da biomassa e por último o Diesel. Em uma análise considerando apenas o fator econômico, o sistema fotovoltaico seria o mais indicado. Porém, considerando os aspectos intrínsecos ao Planejamento Integrado de Recursos neste trabalho, o sistema biomassa seria considerado o mais adequado para a região, visto que a comunidade selecionada já possui a extração do açaí como atividade, tanto produtiva quanto para consumo. Logo, o aproveitamento dos caroços poderia ser uma proposta que levaria em consideração aspectos socioeconômicos e ambientais, visto que um modelo que favorece o desenvolvimento sustentável deve contar com o saber das populações ribeirinhas e o envolvimento com a realidade em que vivem, respeitando suas particularidades e o ecossistema da região.

Assim, este estudo buscou analisar a realidade local a partir de diagnósticos e servir de alicerce para elaboração de futuras políticas energéticas voltadas para as populações tradicionais da Amazônia, como no caso das famílias da RDS Alcobaça. Logo, é possível tornar mais palpável o desenvolvimento sustentável na Amazônia, porém é necessário delinear as condições mais adequadas a partir de modelos

baseados no uso racional dos recursos naturais, economia de baixo carbono e ações de inclusão social.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria a abrangência de uma área maior de estudo, a partir da elaboração de relatórios que quantifiquem outros tipos de resíduos, além de explorar melhor os recursos que a região amazônica oferece em termos de insumos energéticos mas que ainda permanecem desconhecidos principalmente pelos próprios ribeirinhos, onde há carência de acesso à informação e educação ambiental.

## 7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL (ANP). **Sistema de Levantamento de Preços**. 2017 [Online] Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/wwwanp/>>. Acesso em: 22 Fev. 2017.

Almeida, N. J. R. **Saberes da Pesca em Unidade de Conservação: Os Pescadores da RDS Alcobaça no Lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí/Pa**. Belém, 2016. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca

ALMEIDA, N. J. R.; CAÑETE, V. R.; FERNANDES, D. S. “**Pesca e Conhecimentos no Lago da Usina Hidrelétrica de Tucuruí/PA**”. In: 14th Reuniões de Antropólogos Norte e Nordeste, Alagoas, 2015.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A.; L. “**Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**”. Ministério de Minas e Energia (MME). Brasília, 2001.

ARAÚJO, A. R.; ROCHA, G. M. **Unidades de Conservação em Tucuruí/PA como instrumento de Gestão Territorial**. In: IV Encontro Nacional da Anppas. Brasília-DF. 2008.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **Taxa de Juros de Longo Prazo – TJLP**. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 14 Fev. 2017.

BAJAY, S. V.; LEITE, A. A. F. **Planejamento integrado de recursos no âmbito de bacias hidrográficas no Brasil**. In: X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 2004, Rio de Janeiro.

BARBOZA, M. S. L. “**O preço que a natureza pagou e os efeitos colaterais que sofremos para hoje se ter energia**”: uso dos recursos animais e percepção dos impactos entre os ribeirinhos do Lago de Tucuruí (PA). Belém, 2008. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, 2008.

BARBOZA, M. S. L.; BARBOZA, R. S. L.; KNOECHELMANN, C. M.; PEZZUTI, J. B.; OLIVEIRA, A. C. M. “Antes havia muito peixe que nós dávamos para os nossos cachorros, eles eram roliços, hoje em dia até para nós tá difícil”: **Reflexão Sobre os Conflitos no Uso dos Recursos Pesqueiros pelos Ribeirinhos do Lago Tucuruí - PA**. In: Seminário Internacional – Amazônia e Fronteiras do Conhecimento. NAEA - Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - 35 ANOS, Belém, 2008.

BRASIL. **Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving the Objective of The United Nations Framework Convention on Climate Change**. 2015. [Online] Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20English%20FINAL.pdf>>. Acesso em: 20 Fev. 2016.

BRICS POLICY CENTER. **Centro de Estudos e Pesquisas BRICS**. [Online] Disponível em: <<http://bricspolicycenter.org/homolog>>. Acesso em: <11 Fev. 2016.

BRITO NETO, O. B. **Atendimento de Energia Elétrica Domiciliar Para Comunidades Isoladas de Baixa Potência do Interior do Estado do Pará Através de um Gaseificador de 1 kW**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, 2006.

CALZAVARA, B.B.G. **As possibilidades do estuário amazônico**. Belém: FCAP, 1972. Boletim Técnico, n.º 5.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). **Potencial Eólico Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas\\_eolico](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=atlas_eolico)>. Acesso em: 13 Fev. 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (CRESESB). **Potencial Solar SunData**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 13 fev. 2017.

CIMA, F. M. **Utilização de Indicadores Energéticos no Planejamento Energético Integrado**. Rio de Janeiro, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2006. [Online] Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/fmcima.pdf>>. Acesso em: 05 Maio 2016.

CAMPOS, A. **Gerenciamento pelo Lado da Demanda: Um Estudo de Caso**. São Paulo, 2004. Dissertação (Mestrado em Energia). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2004.

D'SA, A. **Integrated resource planning (IRP) and power sector reform in developing countries**. Energy Policy, 2005, n. 33. p.1271-1285.

DI LASCIO, M. A. & BARRETO, E. J. F. **“Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas”**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2009.

DI LASCIO, M. A.; FREITAS, M. A. V.; MARQUES, A. C. S. Energias Renováveis para o Desenvolvimento Sustentável das Comunidades Isoladas da Amazônia. **Revista Brasileira de Energia**. V. 07, N º01, 1999.

DI LASCIO, M. A.; PIOCH, D ; RODRIGUES, E. (2006) “Panorama e Alternativas para o Atendimento Energético de 5.330 Pequenos Vilarejos Isolados da Amazônia Rural Brasileira”. Brasília, DF. Agosto de 2006. **Relatório de Consultoria para o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)**. Financiamento da Cooperação Técnica BID e Programa Luz para Todos MME pelo Fundo Multilateral de Investimento (Fumin) através do Convênio - ATN/EA-7191-BR, Fundo Especial para a Assistência Técnica Européia na América Latina, Amazonas - Energia Renovável.

FERREIRA FILHO, A. A. **A Elevação da Cota do Reservatório Hidráulico da UHE Tucuruí e seus Efeitos sobre a População da RDS Alcobaça (PA)**. Belém, 2010. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia). Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, 2010.

GALVÃO, L.C.R.; REIS, L.B.; UDAETA, M.E.M. **Fundamentos para o planejamento Integrado de recursos numa Região de Governo do Estado de São Paulo apontando a Energia Elétrica**. In : VII Congresso Brasileiro de Energia, 1996, Rio de Janeiro.

GELLINGS, C. W.; CHAMBERLIN, J. H, “**Demand side Management, p. Concepts and Methods**”. Oklahoma, p. PennWell Publishing Company, 1993.

GOOGLE MAPS. **Vila Cametá, Tucuruí, PA**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/place/3%C2%B053'06.0%22S+49%C2%B046'33.0%22W/@-3.8825166,-49.7882787,6075m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.885!4d-49.7758333?hl=en>>. Acesso em: 10 Fev. 2017.

HADDAD, J. A., LORA, E. E. S. **Geração Distribuída: Aspectos Tecnológicos, Ambientais e Institucionais**. 1ª Ed., Editora Interciência, São Paulo, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010 Resultados**. [Online] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 06 Out. 2016..

INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA (INEP). **Censo Escolar – 2014, Data Escola Brasil**. 2014. [Online] Disponível em:<<http://www.dataescolabrasil.inep.gov.br/dataEscolaBrasil/home.seam>>. Acesso em: 20 Ago. 2016.

LEAL, J. T. C. P. **Água para Consumo na Propriedade Rural**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2012.

LE QUÉRÉ, C. et al. **Global Carbon Budget 2015**, Earth Syst. Sci. Data, 7, 349-396, 2015. [Online] doi:10.5194/essd-7-349-2015. Acesso em: 17 Fev. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Fundamentos para iNDC Brasileira**. 2016. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris/itemlist/category/138-conven%C3%A7%C3%A3o-da-onu-sobre-mudan%C3%A7a-do-clima>>. Acesso em: 20 Dez. 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Clima: Povos da Amazônia Serão Prioridade**. 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informmma?view=blog&id=2002>> . Acesso em: 21 Dez. 2016.

NASCIMENTO, M. J. M. **Mercado e comercialização de frutos de açaí**. TOMO III, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará, Belém - PA, Brasil, 1992, 104p., Relatório de pesquisa.

NATIONAL DEVELOPMENT AND REFORM COMMISSION OF CHINA, **People’s Republic of China**, 2015. [Online] Disponível em: <<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/China%20First/China's%20First%20NDC%20Submission.pdf>>. Acesso em: 03 Fev. 2016.

PARÁ. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Lei Estadual 6.451 de 8 de Abril de 2002. Cria o conjunto de Unidades de Conservação da Natureza na região**

**do Lago de Tucuruí.** Diário Oficial do Estado do Pará. Belém, 8 abr. 2002. Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 Out. 2016.

PEREIRA, E. B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos, SP: INPE, 2006.

PIRATOBA, D. M. N. **Dinâmica Temporal da Paisagem: Mudanças, Percepções e Dificuldades de Recuperação na RDS Alcobaça, Área de Influência da UHE Tucuruí/PA.** Belém, 2014. Dissertação (Mestrado em Planejamento do Desenvolvimento). Universidade Federal do Pará (UFPA). Belém, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BELÉM. **Ver-Belém.** [Online] Disponível em: <<http://www.belem.pa.gov.br/ver-belem/detalhe.php?p=11&i=2>>. Acesso em: 12 Dez. 2016.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. A.; e CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do desenvolvimento Sustentável.** Barueri, SP: Manole, 2005.

REDDY, A. K. N.; SUMITHRA, G. **Integrated Resource Planning (IRP).** 1996. Disponível em: [http://amulya-reddy.org.in/Publication/1996\\_01\\_IRP.pdf](http://amulya-reddy.org.in/Publication/1996_01_IRP.pdf). Acesso em: 01 Fev. 2017.

ROCHA, B. R. P. **Projeto Levantamento de Potencial de Biomassa para Produção de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas no Entorno da UHE de Tucuruí.** Belém: Eletronorte – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A, 2006.

ROGEZ, H. **Açaí: Preparo, composição e Melhoramento da Composição.** Belém: EDUFPA, 2000.

SANTOS, D. et al. **Índice de Progresso Social na Amazônia Brasileira.** Belém, PA: Imazon – Instituto do Homem e Meio Ambiente, 2014. [Online] Disponível em: <<http://www.ipsamazonia.org.br/>>. Acesso em 07 Out. 2016.

SECRETARIA ESTADUAL DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO E DE PESCA (SEDAP). **Pará 2030 Um Mundo de Oportunidades.** 2016. [Online] Disponível em: <[http://www.valor.com.br/sites/default/files/agronegocio\\_para\\_-\\_hildegardo\\_1.pdf](http://www.valor.com.br/sites/default/files/agronegocio_para_-_hildegardo_1.pdf)> Acesso em: 09 Fev. 2016.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE (SEMAS). 2014. [Online] Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br>>. Acesso em: 10 Out. 2016.

SEVERINO, M. M.; CAMARGO, I. M.T.; OLIVEIRA, M. A. G. **Geração Distribuída: Discussão Conceitual e Nova Definição.** Revista Brasileira de Energia, v.14, n.1, p.47-69, 2008.

SOUSA, J. M. C. et al. **O Transporte Hidroviário de Passageiros na Região do Lago de Tucuruí.** In Proc. 2013 27<sup>th</sup> Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Belém.

SOUZA, R.C.R. & CORREIA, P.B. “**O Planejamento Integrado de Recursos no context Amazônico Brasileiro**”. Revista Brasileira de Energia, Minas Gerais: v. 07, nº1, 1999.

TEIXEIRA, A. F. **Elementos do desenvolvimento endógeno e do planejamento integrado de recursos para a eletrificação de comunidades isoladas: estudo de caso em Pico do Amor/MT**. Campinas, 2010. Tese (Doutorado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2010.

UDAETA, M. E. M. et al. “**Elementos de Planejamento Integrado de Recursos**”. In Proc. 2004, 10 th Congresso de Energia, Rio de Janeiro.

UDAETA, Miguel E. M.; **Planejamento Integrado de recursos (PIR) – Para o Setor Elétrico (Pensando o Desenvolvimento Sustentável)**. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola Politécnica da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1997. 351p.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). **Kyoto Protocol**, 2014. [Online] Disponível em: <[http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)>. Acesso em: 10 Fev. 2016.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC.). **PARIS 2015 - COP 21**, 2015. [Online] Disponível em: <<http://www.cop21.gouv.fr>>. Acesso em: 11 Fev. 2016.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC.). **The Kyoto Protocol Mechanisms – International Emissions Trading Clean Development Mechanism Joint Implementation**, 2010. [Online] Disponível em: <[https://cdm.unfccc.int/about/cdm\\_kpm.pdf](https://cdm.unfccc.int/about/cdm_kpm.pdf)>. Acesso em: 10 Fev. 2016.