

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GERAÇÃO E O USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM**  
**COMUNIDADE ISOLADA NO ESTADO DO AMAZONAS, COM A**  
**ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA**

**André Jun Miki**

**Orientador: Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho**

**Santa Bárbara d'Oeste,**  
**2015**

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GERAÇÃO E O USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM**  
**COMUNIDADE ISOLADA NO ESTADO DO AMAZONAS, COM A**  
**ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA**

**André Jun Miki**

**Orientador: Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP.

**Santa Bárbara d'Oeste,**  
**2015**

Em primeiro lugar a Deus que me deu a sabedoria necessária para chegar a esta fase em minha vida. Às pessoas que formam o meu núcleo familiar, Pérsida da Silva Ribeiro Miki e Hiro Ribeiro Miki, que me transformam em uma pessoa melhor a cada dia e contribuíram significativamente neste processo, mantendo-me focado e determinado a realizar este sonho. Ao meu pai *Toshio Miki, In memoriam*, pelas suas especiais recomendações em sempre perseverar nos estudos e pesquisas.

Dedico

Ao professor Aparecido dos Reis Coutinho por toda a estruturação e foco do trabalho, além das inúmeras horas de investimento do seu tempo com o meu crescimento profissional, aos meus amigos do laboratório que me acolheram nesses anos de trabalho e contribuíram muito para este resultado final.

Ofereço

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por me dar saúde e força para vencer todas as adversidades para conseguir alcançar este objetivo.

A minha esposa Pérsida e a meu filho Hiro por me acompanhar neste momento tão importante para a formação de nossa família.

E *in memoriam* ao meu estimado Pai Toshio Miki sempre presente em meus ensinamentos apreendidos, sobre como perseverar nos momentos de dificuldade desta pesquisa e para as futuras jornadas de aprofundamento em outros estudos, sempre conduzidos pelos caminhos de Deus.

Ao professor da Universidade Metodista de Piracicaba e Pesquisador do Laboratório de Materiais Carbonosos, Dr. Aparecido dos Reis Coutinho, pela paciência, pela orientação, amizade, incentivo e por estar comprometido em minha capacidade como pesquisador desde o início deste processo até constructo desta pesquisa, para o Estado do Amazonas.

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pela bolsa de Doutorado por meio do programa RH-Doutorado, Edital 005-2012.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Prof. Dr. André Luís Helleno, por toda atenção e dedicação junto ao processo de aprovação da bolsa pela Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, imprescindível para a materialização desta pesquisa e por todas as recomendações realizadas no exame de qualificação.

A todos os moradores da comunidade isolada de Sobrado, pela especial contribuição para a concretização da pesquisa ao Sr. Raimundo Orange dos Santos Alves e Sra. Izabel (Presidente e Vice-Presidente da comunidade isolada de Sobrado), ao Sr. José Roque administrador (Tesoureiro e Administrador Comunitário), e pela acolhida durante a semana da pesquisa de campo a família Maciel e a Sra. Raimunda Euciete, ao Sr. Dirley (Piloteiro-condutor na visitação aos moradores do igarapé de Sobrado).

Ao Pesquisador do Laboratório de Processos Químicos da Embrapa Agroenergia, Dr. José Dilcio Rocha, pelas valiosas recomendações realizadas no exame de qualificação.

Ao membro interno da banca examinadora de qualificação Prof. Dr. Carlos Alberto Camello, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção pelas suas preciosas recomendações na condução desta pesquisa realizadas no exame de qualificação.

À Marta Helena Teixeira Bragáglia pelo apoio e dedicação na secretaria da PPGEF e celeridade nos documentos requisitados pela FAPEAM, assim como a todos os professores do programa que contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os amigos de trabalho do laboratório, Ana C. Plens, Manoel Méndez, Carla Rombalbo e Jose Armando, pelo companheirismo, apoio e atenção.

Aos colegas de pós-graduação que fizeram parte deste trabalho.

Aos colegas Daniel Garrido Monaro, Eduardo Ciaco, Michael Trommer, Silvio Campos, Paulo Yamamoto pelo companheirismo durante esses anos.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Por último, mas não menos importante, à minha sogra Marilene Corrêa da Silva de Freitas e ao meu sogro Marcílio de Freitas, pesquisadores da Amazônia, pelo incentivo para a minha pesquisa de doutorado, como grata contribuição ao Estado do Amazonas.

“Como é feliz o homem que acha a  
sabedoria, o homem que obtém o  
entendimento”

(Provérbios 3:13)

## SUMÁRIO

Resumo.....	iv
Abstract .....	v
Lista de Siglas e Abreviaturas.....	vi
Lista de Figuras .....	xi
Lista de Tabelas .....	xv
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Importância do Trabalho .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Justificativa .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Problemas da Pesquisa .....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Objetivos.....</b>	<b>6</b>
1.4.1 Objetivo Geral.....	6
1.4.2 Objetivos Específicos .....	7
<b>1.5. Visão Macro da Pesquisa.....</b>	<b>8</b>
<b>1.6. Estrutura da Tese.....</b>	<b>9</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1. A geração e demanda de energia no mundo e no Brasil.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2. A participação das energias renováveis no sistema energético mundial e no Brasil.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3. A geração e a demanda da energia no Brasil .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4. A evolução da energia elétrica no Brasil.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5. A energia hidrelétrica e a capacidade de regularização dos reservatórios do Sistema Elétrico Brasileiro .....</b>	<b>23</b>
<b>2.6. A energia termelétrica e a qualidade da geração de eletricidade no Sistema Elétrico Brasileiro .....</b>	<b>27</b>
<b>2.7. A complementaridade hidrelétrica na Amazônia para o SIN.....</b>	<b>30</b>
<b>2.8. A opção pela geração termelétrica no Estado do Amazonas .....</b>	<b>31</b>

<b>2.9. A evolução na produção e demanda de energia elétrica em Manaus de 1970 a 2000.....</b>	<b>33</b>
<b>2.10. A matriz da energia elétrica no Amazonas: contexto atual.....</b>	<b>38</b>
<b>2.11. A contextualização da geração fotovoltaica na Amazônia.....</b>	<b>40</b>
<b>2.12. As condições meteorológicas do sistema autônomo de geração FV na comunidade isolada de Sobrado/AM.....</b>	<b>44</b>
<b>2.13. Abrangência contextual da Avaliação do Ciclo de Vida e Avaliação Social do Ciclo de Vida.....</b>	<b>48</b>
<b>2.14. Aplicações da ACV e ASCV no contexto da Produção e Consumo Sustentáveis.....</b>	<b>51</b>
<b>2.15. Produção e Consumo socialmente sustentáveis.....</b>	<b>55</b>
<b>2.16. Recomendações sobre o uso da ASCV.....</b>	<b>61</b>
<b>2.17. Avaliação do ciclo de vida de sistemas de geração de energia fotovoltaica.....</b>	<b>65</b>
<b>2.18. Avaliação de impacto ambiental da ACV para o sistema FV de comunidade isolada.....</b>	<b>72</b>
<b>2.19. A avaliação social do ciclo de vida aplicado as comunidades isoladas.....</b>	<b>74</b>
<b>3. MÉTODO DE PESQUISA.....</b>	<b>80</b>
<b>3.1. Estudo-Piloto.....</b>	<b>81</b>
<b>3.2. Estudo de caso.....</b>	<b>82</b>
<b>3.3. Planejamento do Caso.....</b>	<b>84</b>
<b>3.4. A descrição do SAPV da sede da APASCO.....</b>	<b>85</b>
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>88</b>
<b>4.1. Resultados do Estudo-Piloto.....</b>	<b>88</b>
<b>4.2. Resultados do Estudo de Caso – ACV do sistema SAPV.....</b>	<b>90</b>

4.2.1 Balanço de massa e de energia para o <i>SAPV</i> da comunidade de Sobrado .....	90
4.2.2 O balanço de massa para as emissões de CO <sub>2</sub> .....	92
4.2.3 A distribuição do balanço de energia na ACV dos componentes do <i>SAPV</i> de Sobrado.....	95
4.2.4 Cálculo do EPBT e Taxa de emissão por CO <sub>2</sub> (Avaliação de Impacto Ambiental do Ciclo de Vida - AIACV) .....	96
4.2.5 Avaliação de impacto ambiental da ACV para o <i>SAPV</i> da comunidade de Sobrado .....	99
<b>4.3. Os resultados da ASCV na comunidade isolada de Sobrado no Estado do Amazonas .....</b>	<b>105</b>
<b>4.4. Considerações Finais do Capítulo .....</b>	<b>149</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>149</b>
<b>6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>152</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>153</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>180</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>192</b>

**MIKI, ANDRÉ JUN. GERAÇÃO E O USO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADE ISOLADA NO ESTADO DO AMAZONAS, COM A ABORDAGEM DO CICLO DE VIDA. 2015. 273 F. TESE (DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) – FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO, UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, SANTA BÁRBARA D’OESTE.**

## **RESUMO**

A abordagem dos conceitos do *Triple Bottom Line (TBL)*, aplicados a AVC e a ASCV, é usada para avaliar a instalação de um modelo autônomo de geração fotovoltaica no Estado do Amazonas. Esta fonte de energia possibilita a melhoria na qualidade de vida aos habitantes de comunidades tradicionais, localizadas na RMM, que permanecem eletricamente isolados e descentralizados da conexão com a rede elétrica convencional, mesmo com a integração à malha elétrica nacional pelo Sistema Interligado Nacional, impossibilitado pela localização geográfica regional, que é uma característica *sui generi* da comunidade isolada de Sobrado, no município de Novo Airão/AM. A proposta deste estudo de caso utiliza os conceitos da ACV e ASCV de um sistema autônomo de geração fotovoltaica de 16,80 kWp, instalado pelo Programa Luz para Todos, em que os IAACV e a ecoeficiência do *SAPV* determinam os principais resultados obtidos por meio do cálculo e comparação do *EPBT*, em uma escala decrescente de tempo a partir de 9,08 anos, 7,45 anos, 3,07 anos até 1,46 anos e as respectivas taxas de emissão de CO<sub>2</sub>. A ASCV avalia a aplicação dos indicadores quantitativos mediante as fichas metodológicas e a submissão do protocolo de coleta de dados com desdobramento de expansão do modelo de geração *SAPV*, como propulsor na melhoria da qualidade de vida dos moradores da comunidade isolada de Sobrado/AM.

Palavras-chave: Energia elétrica; Energia Fotovoltaica; Avaliação do Ciclo de Vida; Avaliação Social do Ciclo de Vida; Região Metropolitana de Manaus; Comunidades Isoladas; Desenvolvimento Sustentável.

**MIKI, ANDRÉ JUN. GENERATION AND PHOTOVOLTAIC ENERGY USE IN ISOLATED COMMUNITY AT AMAZON STATE, WITH LIFE CYCLE APPROACH. 2015. 273 P. TESE (DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) – FACULDADE DE ENGENHARIA ARQUITETURA E URBANISMO, UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA, SANTA BÁRBARA D'OESTE.**

#### **ABSTRACT**

The approach of the concepts of the Triple Bottom Line (TBL), applied to LCA and SLCA, is used to assess the installation of an autonomous model of photovoltaic generation in the state of Amazonas. This energy source makes it possible to improve the quality of life for inhabitants of traditional communities located in MMR, which remain electrically isolated and decentralized connection with the conventional power grid, even with integrating the national power grid by the National Interconnected System, unable by regional geographical location, which is a sui generi feature of the isolated community of Sobrado in the city of Novo Airão / AM. The purpose of this case study uses the concepts of LCA and SLCA an autonomous system of photovoltaic generation of 16.80 kWp, installed by the Light for All Program, where IAACV and eco-efficiency of SAPV, determine the main results obtained by calculating and comparing the EPBT, in a decreasing scale of time from 9.08 years, 7.45 years, 3.07 years to 1.46 years and their CO<sub>2</sub> emission rates. The ASCV evaluate the application of quantitative indicators through methodological sheet and submission of the data collection protocol with expansion scrolling SAPV model generation, as a propellant in improving the quality of life of residents of the isolated community of Sobrado / AM.

**Keywords:** Electrical energy; Photovoltaic energy; Life Cycle Assessment; Social Life Cycle Assessment; Metropolitan Region of Manaus; Isolated Communities; Stand Alone Photovoltaic systems; Sustainable Development.

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AACV: Avaliação Ambiental do Ciclo de Vida.

ACV: Avaliação do Ciclo de Vida.

AIACV: Avaliação de Impacto Ambiental do Ciclo de Vida

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica.

APASCO: Associação dos Produtores Agrícolas da Comunidade do Sobrado no Município de Novo Airão – AM.

ASCV: Avaliação Social do Ciclo de Vida.

BEN: Balanço Energético Nacional.

CA: Corrente Alternada.

CC: Corrente Contínua.

CEAM: Companhia Energética do Amazonas.

CEM: Companhia de Eletricidade de Manaus.

CHESF: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco.

CI: Comunidade Isolada.

CRESESB: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito.

CTISFV: Capacidade Total Instalada de Geração Solar FV.

EAESA: Eletrobras Amazonas Energia S.A.

EJA: Educação de Jovens e Adultos.

*EPA: Environmental Protection Agency.*

*EPBT: Energy Pay-Back Time.*

EPE: Empresa de Pesquisa Energética.

FV: Fotovoltaica.

GEE: Gases de Efeito Estufa.

*GHG: Green House Gases.*

GLP: Gás Liquefeito de Petróleo.

GN: Gás Natural.

GNL: Gás Natural Liquefeito.

*GRI: Global Reporting Initiative.*

Gtep: Giga tonelada equivalente de petróleo.

GTSEM: Grupo de Trabalho do Sistema Elétrico de Manaus.

GW\*: Gigawatt médio.

ICB: índice de Custo Benefício.

IDAM: Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas.

IDH: Índice de Desenvolvimento Humano.

IDHM: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal.

*IEA: International Energy Agency.*

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia.

INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

*ISO: International Organization for Standardization.*

*LCI: Life Cycle Inventory.*

*LCP: Life Cycle Perspective.*

*LCSA: Life Cycle Sustainable Assessment.*

*LCT: Life Cycle Thinking.*

*MDG's: Millennium Development Goals.*

MESA: Manaus Energia S.A.

MIGDI: Minirrede de geração e distribuição.

MME: Ministério de Minas e Energia.

Mtep: Mega tonelada equivalente de petróleo.

MW: Mega Watt.

NAIS: Não Atendido do Igarapé de Sobrado.

NARTP: Não Atendidos do Ramal da Terra Preta.

NFER: Novas Fontes de Energias Renováveis.

*OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development.*

OIT: Organização Internacional do Trabalho.

ONS: Operador Nacional do Sistema.

ONU: Organização das Nações Unidas.

P&C: Produção e Consumo.

PARFOR: Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica

PCS: Produção e Consumo Sustentáveis.

PEI: Planejamento Energético Integrado.

PETC: Produção de Energia Térmica Contínua.

PIB: Produto Interno Bruto.

PIE's: Produtores Independentes de Energia.

PIM: Pólo Industrial de Manaus.

PLpT: Programa Luz para Todos.

*PPP: People, Planet and Profit.*

PPT: Programa Prioritário em Termelétricidade.

PRODEEM: Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios.

PTE: Produção Total de Energia.

RCV: Reflexão do Ciclo de Vida.

*REN: Renewable Energy Network.*

RMM: Região Metropolitana de Manaus.

*RPS: Renewable Portfolio Standards.*

RSE: Responsabilidade Social Empresarial e Desenvolvimento Sustentável.

*SAPV: Stand-Alone Photovoltaic Systems.*

SEB: Sistema Elétrico Brasileiro.

SEI: Sistema Elétrico Isolado.

SEM: Sistema Elétrico Manaus.

*SETAC: Society of Environmental Toxicology and Chemistry.*

SIGFV: Sistema individual de geração FV

SIN: Sistema Interligado Nacional.

*SLCAPRP: Social Life Cycle Assessment Performance Reference Points*

*SWOT: Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats.*

*TBL: Triple Bottom Line.*

tp: tonelada equivalente de petróleo.

*TPES: Total Primary Energy Supply.*

*TVA: Tennessee Valley Authority.*

TWh: Terawatt-hora.

UC's: Unidades Consumidoras.

UE: União Europeia.

UEA: Universidade do Estado do Amazonas.

UF: Unidade Funcional.

UFAM: Universidade Federal do Amazonas.

UHE: Usinas Hidrelétricas.

*UNDP: United Nations Development Programme.*

*UNEP: United Nations Environment Programme.*

UTE: Usinas Termelétricas.

UTM: Usina Termelétrica de Manaus.

ZFM: Zona Franca de Manaus.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão macro da pesquisa .....	8
Figura 2: Suprimento total de energia primária no mundo em 1973.....	10
Figura 3: Produção mundial de energia primária em 2015.....	11
Figura 4: Consumo final de energia no período de 1973 a 2015.....	12
Figura 5: Participação dos países membros e não membros da OECD no consumo final de energia no período de 1973 a 2015 .....	13
Figura 6: Fluxo energético no sistema SIN.....	25
Figura 7: Influxo de energia pelos dados históricos cumulativos (%) .....	26
Figura 8: Potência da geração térmica em regime contínuo durante o período de 70 meses.....	28
Figura 9: Impactos da produção térmica anual .....	29
Figura 10: Produção térmica considerando o excesso de água nos reservatórios .....	29
Figura 11: Evolução da série histórica de geração da energia elétrica em Manaus.....	36
Figura 12: Classe de consumidores de energia elétrica em Manaus no ano de 2001 ..	37
Figura 13: Produção total de energia elétrica no Estado do Amazonas pela CEAM.....	38
Figura 14: Configuração recomendada para o atendimento à Região RMM .....	39
Figura 15: Demanda Máxima (DM) do município de Manaus em (MW).....	40
Figura 16: Capacidade total instalada de geração solar fotovoltaica no mundo .....	41
Figura 17: Número de dias com chuva e precipitação acumulada mensal em 2014.....	44
Figura 18: Perfil da nebulosidade em Manaus 2014 .....	45
Figura 19: Perfil do tempo de insolação para Manaus em 2014 .....	46
Figura 20: Média de horas de insolação disponíveis em Manaus em 2014 .....	47
Figura 21: Ganho de Radiação Solar em Manaus 2014 .....	48
Figura 22: Concepção do Triple Bottom Line .....	49
Figura 23: Percurso teórico entre ações da PCS .....	53

Figura 24: Cadeia de suprimento com diferentes relações greening the economy .....	59
Figura 25: Quadro de referência metodológica da ACV .....	66
Figura 26: Limite do sistema, referente a ACV de um sistema de geração FV .....	70
Figura 27: Exemplo do Limite do Sistema FV .....	71
Figura 28: Quadro de referência metodológica para ACV, com a inclusão da ASCV ...	74
Figura 29: Vetores energéticos entre o desenvolvimento social, econômico e humano em comunidade isoladas.....	78
Figura 30: Diagrama simplificado do método da pesquisa .....	80
Figura 31: Macroetapas do planejamento e condução do estudo de caso .....	84
Figura 32: Diagrama esquemático de miniusinas fotovoltaicas implantadas pela Eletrobras Amazonas Energia em uso na comunidade isolada de Sobrado .....	86
Figura 33: Distribuição do balanço de massa pelas emissões de CO <sub>2</sub> , do SAPV .....	95
Figura 34: Distribuição do balanço de energia do SAPV, na comunidade de Sobrado.	96
Figura 35: Taxas de emissões de CO <sub>2</sub> .....	100
Figura 36: Demanda energética da comunidade isolada de Sobrado.....	106
Figura 37: Demanda energética de todas as UC's.....	107
Figura 38: Demanda por energéticos iluminantes .....	108
Figura 39: Demanda por energéticos e recursos iluminantes para todas as UC's .....	109
Figura 40: Demanda de energéticos para a cocção de alimentos.....	109
Figura 41: Demanda por energéticos para a cocção de alimentos de todas as UC's .	110
Figura 42: Tipo de alimento com maior consumo de energéticos para a cocção.....	111
Figura 43: Distribuição do tipo de alimento com maior consumo de energéticos.....	112
Figura 44: Tempo médio de duração de botijas de GLP .....	113
Figura 45: Tipos de botijas usadas por todas as Unidades Consumidoras .....	114
Figura 46: Geração de energia elétrica antes da instalação do SAPV e SIGFV .....	115
Figura 47: Geração de energia elétrica de todas UC's antes da instalação do SAPV e SIGFV .....	116

Figura 48: Despesas com C&M antes da instalação do SAPV e SIGFV.....	117
Figura 49: Despesas com C&M de geradores antes da instalação do SAPV e SIGFV .....	118
Figura 50: Principais atividades geradoras de renda na CI de Sobrado .....	119
Figura 51: Percentual de geração de renda das UC's, no total de Sobrado .....	120
Figura 52: Geração de renda por UC dos hortifruticultura.....	121
Figura 53: Renda mensal pela produção de hortifruticultura regional da CI de Sobrado.....	122
Figura 54: Distribuição da renda mensal pela produção de farinha na CI de Sobrado	124
Figura 55: Distribuição dos pescados que participam da geração de renda para a CI de Sobrado Fonte: Elaborado pelo autor .....	124
Figura 56: Renda mensal gerada pela pesca artesanal na CI de Sobrado .....	126
Figura 57: Distribuição da renda mensal gerada pela pesca artesanal na CI de Sobrado.....	127
Figura 58: Renda mensal gerada pelo benefício social do defeso na CI de Sobrado .	128
Figura 59: Distribuição da renda mensal pelo benefício do defeso para a CI de Sobrado.....	129
Figura 60: Estocagem de pescados para fins de comercialização na CI de Sobrado .	130
Figura 61: Distribuição da estocagem de pescados na CI de Sobrado.....	132
Figura 62: Renda mensal pela produção de farinha de mandioca da CI de Sobrado .	133
Figura 63: Distribuição da renda mensal pela produção de farinha na CI de Sobrado	134
Figura 64: Parâmetros do nível de escolaridade dos moradores CI de Sobrado .....	135
Figura 65: Distribuição dos parâmetros do nível de escolaridade para CI de Sobrado.....	138
Figura 66: Disponibilidade da educação básica na CI de Sobrado, por meio do SAPV.....	139
Figura 67: Distribuição das atividades escolares na sede da APASCO .....	139

Figura 68: Alunos regularmente matriculados na EJA sede da APASCO – SAPV .....	140
Figura 69: Concluintes do 9º ano do ensino fundamental completo.....	141
Figura 70: Concluintes do 3º ano do ensino médio completo.....	142
Figura 71: Melhoria na qualidade de vida pela tecnologia de geração SAPV e SIGFV .....	143
Figura 72: Distribuição na melhoria da qualidade de vida pela instalação do SAPV e SIGFV .....	145
Figura 73: Expansão da capacidade de geração na sede da APASCO e SIGFV .....	145
Figura 74: Efeitos da expansão na capacidade de geração na sede da APASCO e SIGFV .....	146
Figura 75: Os efeitos da implementação de uma cadeia de produtiva de óleos vegetais para a expansão da capacidade de geração SAPV e SIGFV .....	147
Figura 76: Expansão da capacidade de geração para a produção de óleos vegetais	148
Figura 80: Unidade conversora na sede da (APASCO) .....	192
Figura 81: Módulos FV's na sede da (APASCO).....	192

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição da população e energia <i>per capita</i> em 2013.....	12
Tabela 2: Contribuição e crescimento dos Novos renováveis, dados de 2001 com projeção para 2020 .....	17
Tabela 3: Estrutura da capacidade instalada de geração no SIN.....	19
Tabela 4: Análise das publicações sobre avaliação ambiental do ciclo de vida referente ao (SAPV) no período de 1996 a 2009 .....	67
Tabela 5: Análise das publicações sobre ACV e AACV referente ao (SAPV) no período de 2009 (a) a 2015 .....	68
Tabela 6: Especificações técnicas do sistema FV de 16,80 kWp.....	69
Tabela 7: Balanço de massa para fase de produção do sistema FV de 16.80 kWp, para comunidade de Sobrado. ....	91
Tabela 8: Balanço de energia para fase de produção do SAPV .....	91
Tabela 9: Balanço de massa para as emissões de CO <sub>2</sub> em (kg), para todos os componentes do SAPV instalados na sede da APASCO.....	92
Tabela 10: Balanço de massa para as emissões de CO <sub>2</sub> em (km/kg), referente as operações de transporte para o 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º percursos .....	92
Tabela 11: Balanço de massa total em kg para as emissões de CO <sub>2</sub> para a sede da APASCO .....	94
Tabela 12: EPBT para o método de produção anual de energia elétrica (EUSE, pr)....	97
Tabela 13: EPBT pelo método do consumo anual de energia elétrica (EUSE, el) .....	98
Tabela 14: Resultados da ACV para sistemas FV's.....	103

## 1. INTRODUÇÃO

Neste item, é feita descrição da importância do presente trabalho para a geração e distribuição sustentável de energia elétrica no Estado do Amazonas, conforme os aspectos: técnicos, econômicos, ambientais, sociais, e os instrumentos regulatórios, por meio da abordagem do conceito de *Triple Bottom Line* (TBL), envolvendo a avaliação do ciclo de vida (ACV) e as suas ferramentas de análise do impacto ambiental pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) por CO<sub>2</sub>.

A avaliação social do ciclo de vida (ASCV), como um desdobramento da ACV, integra as dimensões do planejamento energético integrado (PEI), conforme as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas UNDP/SETAC (2009; 2011), associado ao acesso aos serviços energéticos e aos mecanismos de produção limpa. Comparando-se com os métodos de análise econométrica, utilizados pelo uso de indicadores macroeconômicos como o produto interno bruto (PIB), e pela análise gráfica da elasticidade de energia e índice de desenvolvimento humano (IDH), esses se mostram ineficazes às realidades de comunidades isoladas.

Os principais resultados consistem na obtenção de indicadores quantitativos, conforme a aplicação do método da pesquisa da avaliação do ciclo de vida (ACV) e a avaliação ambiental do ciclo de vida (AACV) nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) por CO<sub>2</sub>. Assim, os resultados são adequados às características de geração e distribuição de energia elétrica para as comunidades isoladas do Estado do Amazonas, que mesmo incluídas na região metropolitana de Manaus (RMM) e integradas à malha elétrica nacional Tucuruí-Jurupari, permanecerão na condição de sistema elétrico isolado e descentralizado, necessitando de sistemas autônomos de geração fotovoltaica, a exemplo da comunidade como Sobrado, no município de Novo Airão/AM.

Neste sentido, a pesquisa buscou avaliar os problemas apresentados junto ao objeto de investigação que consiste no estudo de caso do sistema de geração fotovoltaica (FV) da comunidade de Sobrado.

### **1.1. Importância do Trabalho**

A geração de energia elétrica depende de fatores econômicos, ambientais, sociais e técnicos. É uma problemática que surge na esfera interdisciplinar, globalizada, específica e, ao mesmo tempo, inter-relacionada com as ciências, muitas vezes conflitantes, em processos de sobreposições das diferentes matrizes energéticas, que pode ser analisada a partir de seus diferentes contextos.

Os antecedentes históricos referentes ao cenário energético mundial, são propostos por Hinrichs e Kleinbach (2011), a partir da crise do Petróleo na década de 1970, em que a dependência por energéticos fósseis demonstrou uma fragilidade pela concentração em uma única opção para a geração de energia elétrica, por falta de complementaridade energética por outras fontes.

A tendência inicial de diversos países, diante da crise do petróleo, foi o desenvolvimento e aperfeiçoamento tecnológico de novas matrizes energéticas, juntamente com estratégias de planejamento que possibilitaram a expansão da sua estrutura de organização dos setores industrial, conforme demonstrado por Maia e Moura (1995) e Becker e Miranda (1997).

A descrição do cenário energético caracteriza-se pelo aumento crescente da intensidade energética, ou seja, da energia elétrica, envolvendo o problema de geração, transmissão e distribuição equânime aos consumidores primário e secundário. Na Amazônia isso se revela como desafiador pela integração da região à malha elétrica nacional pelo sistema interligado nacional (SIN), demonstrado pelo Atlas de energia elétrica do Brasil 2008, na perspectiva em um modelo exógeno de planejamento energético para a região, dentro de políticas públicas voltadas a construção de hidrelétricas (JANUZZI e SWISHER, 1997).

A hidreletricidade possui um grande destaque no cenário energético brasileiro a partir do seu potencial hídrico a curto, médio e longo prazo; é associada à geração de energia elétrica pela complementação energética por uma diversidade de fontes, na obtenção de energia primária, pelo aproveitamento da geração eólicoelétrica e termelétrica pela conexão elétrica ao sistema interligado nacional (SIN) (CARVALHO e SAUER, 2009).

A complementação térmica é demonstrada por Carvalho e Sauer (2009), em que o sistema de energia hidrelétrica pode ser assegurado pela sinergia de projetos entre o regime de gestão das bacias hidrográficas, com empreendimentos hidrelétricos, a integração da geração termelétrica por biomassa, a geração pelas usinas termelétricas a gás natural e óleos combustíveis, no período de escassez hídrica, permitindo uma operação flexível em regime contínuo e a garantia de energia no sistema elétrico.

A opção de energia renovável propiciará uma contribuição expressiva, conforme Carvalho e Sauer (2009), otimizando a expansão do sistema elétrico brasileiro de energia integrada, com a promoção de políticas com o programa nacional de eficiência energética, pela melhoria na tecnologia doméstica e industrial.

A sustentabilidade econômica e ambiental demonstra uma vasta proposição de modelos energéticos, fundamentados em fontes alternativas e renováveis, com características de poupador de energéticos fósseis, enfatizando a eficiência energética, como principal elemento na redução progressiva no consumo de energia elétrica.

A geração e distribuição de energia elétrica no Estado do Amazonas integram a abordagem metodológica do *Triple Bottom Line* (TBL), associado à ACV para a aplicação da análise e avaliação dos impactos ambientais pela emissão dos gases de efeito estufa por CO<sub>2</sub>, juntamente com a avaliação social do ciclo de vida (ASCV).

O município de Novo Airão/AM, que pertence à RMM, apresenta a singularidade de sistema elétrico isolado e descentralizado, mesmo com a integração à malha elétrica nacional. As comunidades remotas, como a de Sobrado, permanecerão sem acesso à rede elétrica convencional, não obtendo os benefícios sociais pelo uso da eletricidade, como demonstrado por Cartaxo (2000), Schmid e Hoffmann (2004), Rosa (2007), Gómez e Silveira (2010; 2012), Kaygusuz (2012). Estas comunidades necessitam de sistemas autônomos de geração fotovoltaica, destinado ao atendimento de postos de saúde, escolas, centros comunitários, bombeamento de água, e conservação de alimentos por refrigeração.

O programa de desenvolvimento das nações unidas (*United Nations Development Programme - UNDP*), destaca os benefícios do acesso às fontes modernas de energia, pelo consumidor, na categoria de consumidor doméstico e rural. A micro geração autônoma, de sistemas fotovoltaicos em comunidades isoladas, é crucial para o desenvolvimento socioeconômico. Isso é similar à comunidade isolada de Sobrado, onde as fontes tradicionais de energia correspondem a benefícios muito limitados de aplicações, pela falta de opções na conversão de energia, além da aplicação térmica e luminosa. Além disso, destaca-se o impacto ambiental à saúde humana, pois as fontes modernas de energia, para geração de eletricidade, não causam danos à saúde, conforme as recomendações da UNDP (2006) e Kaygusuz (2012).

A pobreza energética, para a UNDP (2006) e Kaygusuz (2012), continua sendo um grande problema ao desenvolvimento econômico, à sustentabilidade ambiental e à saúde humana, em muitas partes do mundo. Em torno de 1,6 bilhões de pessoas residem nas áreas rurais da África Subsaariana, no Sul e Leste da Ásia e na América Latina, que não têm acesso à eletricidade e dependem da biomassa tradicional como energético destinado para prover a cocção de alimentos e o aquecimento de ambientes.

O acesso aos serviços modernos de energia e a relação com o consumo de energia *per capita* e bem-estar, medido pelo acréscimo do IDH, demonstrados por UNDP (2006) e Gómez e Silveira (2010), são propulsores de melhorias na qualidade de vida, destinadas à parcela mais pobre da população. Além disso, os benefícios, descrito por Kaygusuz (2012), resultantes da introdução da luz elétrica oportunizou a extensão do dia no período noturno, proporcionou horas extras de leitura, estudo, e trabalho para as comunidades isoladas.

A produção e a industrialização de alimentos regionais, a partir da polpa de frutas e pescados, fitofármacos e cosméticos regionais, a elaboração e personalização de bioembalagens, por meio da utilização dos próprios recursos florestais, disponíveis na própria comunidade, possibilita a agregação de valor a partir da inserção do conceito de *eco-design*, com a geração de empregos verdes (*green jobs*), segundo Das e Balakrishnan (2012).

O aumento no consumo de energia *per capita* e do IDH representa a fase incremental correspondente a seleção e introdução de uma proposta de economia regional para a comunidade isolada, a partir de um processo de esverdeamento do produto (*greener products*), elaborado pela própria comunidade, a partir de intervenções físicas em nível de produto, aumentando a demanda por produtos mais verdes/ecológicos (PARENT *et al.*, 2013).

A principal vantagem da implantação de tecnologias de energia renovável como o sistema autônomo de geração fotovoltaica (*stand alone photovoltaic system - SAPV*), conforme García-Valverde *et al.* (2009), Das e Balakrishnan (2012) e Parent *et al.* (2013), consiste na geração de empregos verdes (*green jobs*) nas comunidades isoladas. Isto contribui para a ampliação da oferta de postos de trabalho, potencializando os benefícios socioeconômicos, conforme as recomendações pelo Programa de desenvolvimento das Nações Unidas (*United Nations Development Programme – UNDP 2012*), envolvendo o planejamento energético integrado para as comunidades remotas e pequenas comunidades isoladas.

A comunidade isolada de Sobrado no município de Novo Airão/AM foi escolhida pela singularidade na localização geográfica pela proximidade com a capital do Estado do Amazonas, com cerca de 180 Km de distância por via terrestre e 143 Km por via fluvial, além de ser pertencente à RMM, incluindo 8 municípios: Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Manaus, Novo Airão, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva.

A geração hidrelétrica e termelétrica no Estado do Amazonas e as suas implicações face às mudanças no cenário energético, com a integração da malha elétrica nacional, com enfoque específico para as comunidades remotas integradas a RMM e as 12 miniusinas fotovoltaicas, implementadas pelo Programa Luz para Todos (PLpT), e suas inter-relações nas dinâmicas socioeconômicas e ambientais, é o desafio desta pesquisa, pela abordagem metodológica da ACV e ASCV.

## **1.2. Justificativa**

A relevância da presente pesquisa consiste em contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico da região, com a obtenção de um sistema FV em comunidade isolada no Estado do Amazonas, com o uso da ACV e ASCV. Neste caso, a geração e distribuição da energia elétrica para o Estado do Amazonas tem o enfoque especial para as comunidades isoladas incluídas na RMM, especificamente à comunidade isolada de Sobrado/AM. A contribuição destes resultados da ASCV encontra-se na possibilidade de replicabilidade para as 11 miniusinas fotovoltaicas incluindo os 05 municípios Autazes, Barcelos, Beruri, Eirunepé e Maués, envolvendo as onze comunidades isoladas: São Sebastião do Rio Preto, Terra Nova, Nossa Senhora do Carmo, Mourão, Santo Antônio, Nossa Senhora de Nazaré, Santa Luzia, Santa Maria, São José, Aracari, Bom Jesus do Puduari, por meio do acesso à eletricidade oriunda dos *SAPV*.

## **1.3. Problemas da Pesquisa**

Considerando o quadro exposto, as principais questões a serem respondidas pela presente pesquisa são:

- Quais são os obstáculos enfrentados pelos sistemas autônomos de geração fotovoltaica *SAPV*, nas comunidades isoladas do Estado do Amazonas?
- Qual é o ciclo de vida dos sistemas autônomos de geração fotovoltaica, pelo Programa Luz para Todos e implementadas pela Eletrobras Amazonas Energia?
- Quais são os benefícios sociais da ASCV para as comunidades isoladas a partir da instalação dos sistemas autônomos de geração fotovoltaica?

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo Geral**

O presente trabalho tem por objetivo geral avaliar o modelo de geração e uso da energia fotovoltaica em comunidades isoladas no Estado do Amazonas, com a abordagem do ciclo de vida.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral destacam-se os seguintes objetivos específicos:

- Efetuar o levantamento de dados por meio de literatura científica com relação ao uso da energia, no Mundo, no Brasil e no Estado do Amazonas;
- Efetuar o levantamento de dados por meio de literatura científica com relação à geração de energia FV, no Mundo, no Brasil e no Estado do Amazonas;
- Usar os conceitos e definições de ACV para o modelo de geração FV implementado na comunidade isolada de Sobrado/AM;
- Usar os conceitos e definições da ASCV para identificar as melhorias na qualidade vida em relação a renda e no nível de escolaridade na comunidade isolada de Sobrado/AM;
- Inventariar o ciclo de vida ambiental para sistema FV destinado a geração de energia elétrica na comunidade isolada de Sobrado;
- Avaliar a aplicabilidade da ASCV pela implementação do sistema FV destinado a geração de energia elétrica na comunidade isolada de Sobrado;
- Obter indicadores quantitativos, pela aplicação do método da pesquisa da ACV e da AACV, nas emissões de GEE por CO<sub>2</sub>, adequados às características de geração e distribuição do suprimento de energia elétrica para a comunidade isolada de Sobrado;
- Obter indicadores quantitativos, pela aplicação do método da pesquisa da ASCV, de acordo com as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas para a renda mensal e os parâmetros do nível de escolaridade.

## 1.5. Visão Macro da Pesquisa

A partir das definições do problema apresentado, assim como dos objetivos, o método de pesquisa seguirá o roteiro descrito na Figura 1.

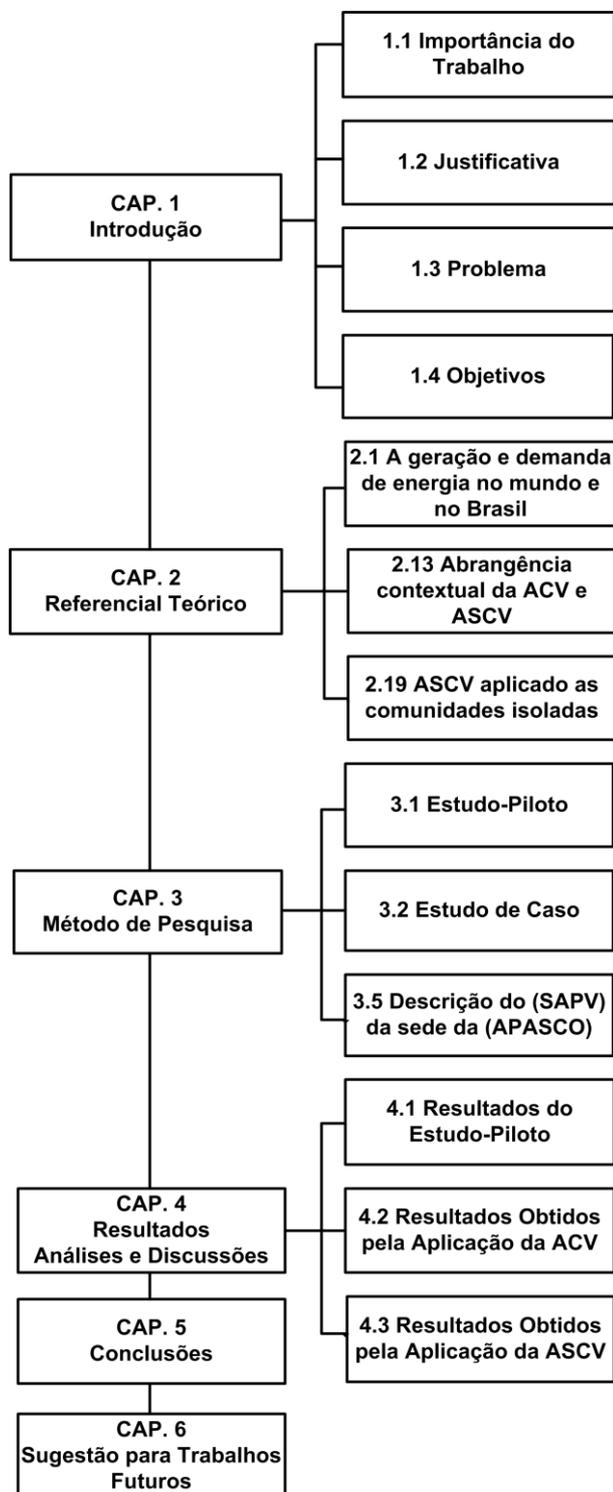


Figura 1: Visão macro da pesquisa

Fonte: Elaborado pelo autor

## 1.6. Estrutura da Tese

Este trabalho possui seis capítulos, detalhados a seguir.

**Capítulo 1** – Introdução: A importância do trabalho, justificativa, problemas da pesquisa, os objetivos, visão macro da pesquisa e a estrutura da tese.

**Capítulo 2** – Referencial Teórico: A geração e a demanda da energia no mundo e no Brasil; a evolução da energia elétrica no Brasil e no Estado do Amazonas; a geração distribuída em comunidades isoladas no Estado do Amazonas; a matriz da energia elétrica no Amazonas; a geração e distribuição de energia elétrica em Manaus e nos municípios com sistema autônomo de geração fotovoltaica, a geração e distribuição de energia elétrica nas comunidades remotas com sistema de geração fotovoltaica; a avaliação e a evolução histórica da ACV; metodologias de análise ambiental e a sua aplicação nos sistemas de produção.

**Capítulo 3** – Método de pesquisa e abordagem metodológica: a escolha do campo de estudo; análise ambiental do ciclo de vida incluindo o conceito do *Triple Bottom Line*; análise da geração SAPV na comunidade isolada de Sobrado/AM; a aplicação da ASCV, de acordo com as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas, pela condução do método do estudo de caso, conforme Miguel (2007).

**Capítulo 4** – Resultados: Resultados do teste-piloto da ASCV pela aplicação do protocolo de coleta de dados, análises e discussões do teste-piloto, resultados da ACV obtidos na comunidade de Sobrado, avaliação ambiental do ciclo de vida, avaliação de impacto ambiental do ciclo de vida pela emissão dos GEE por CO<sub>2</sub>, taxas de emissões de CO<sub>2</sub> por sistemas autônomos de geração diesel elétrico isolado e sistema autônomo de geração FV e a obtenção dos parâmetros sócio energéticos da comunidade de Sobrado/AM.

**Capítulo 5** – Conclusões: Este capítulo apresenta as conclusões, com base nos objetivos na pesquisa bibliográfica, na metodologia empregada e na análise dos resultados obtidos.

**Capítulo 6** – Sugestão para trabalhos futuros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. A geração e demanda de energia no mundo e no Brasil

A Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o ano de 2012 como o Ano Internacional da Energia Sustentável para Todos, reconhecendo o alcance dos serviços energéticos modernos a preços acessíveis nos países em desenvolvimento, como elemento essencial para a consecução dos objetivos de desenvolvimento acordados internacionalmente, incluindo as Metas de Desenvolvimento do Milênio (*Millennium Development Goals – MDG's*), associado ao desenvolvimento sustentável, destinado a reduzir a pobreza e a melhorar as condições e a qualidade de vida para a população mundial.

A Figura 2 descreve o cenário mundial do suprimento total de energia primária em 1973, totalizando 6,1 Gtep, incluindo a aviação e navegação internacional. O menor setor é representado pelas outras fontes de energias renováveis, correspondendo a 0,1%, envolvendo a produção de energia geotérmica, solar fotovoltaica, térmica e eólica (IEA, 2015).

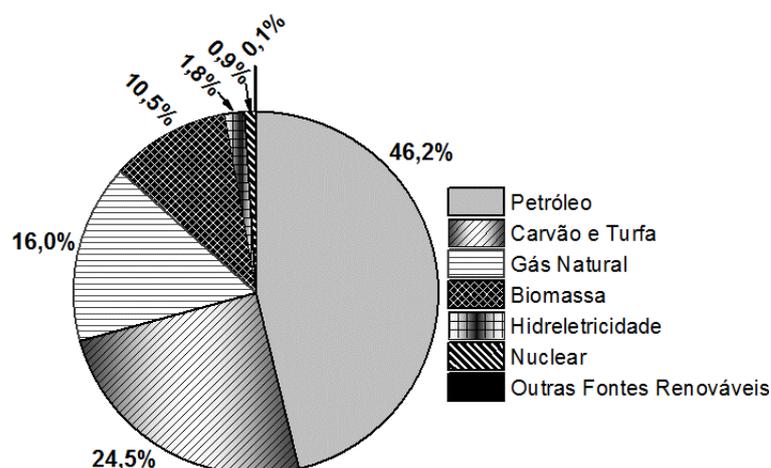


Figura 2: Suprimento total de energia primária no mundo em 1973  
Fonte: IEA, KEY WORLD ENERGY STATISTICS, 2015

O setor mais expressivo é representado pelo petróleo com 46,2% da matriz energética mundial, em seguida com a participação do carvão e turfa com 24,5% no suprimento total de energia primária, 16,0% de GN, 10,6% de (biomassa, bicombustíveis, resíduos de biomassa e outras fontes renováveis), 0,9% pela energia nuclear e 1,8% pela hidroeletricidade (IEA, 2015).

A Figura 3 demonstra a Produção Mundial de Energia Primária em 2015, equivalente a 13,5 Gtep, para uma população de 7,1 bilhões de habitantes, com um consumo de energia *per capita* de 1,90 tep/*per capita* (IEA, 2015).

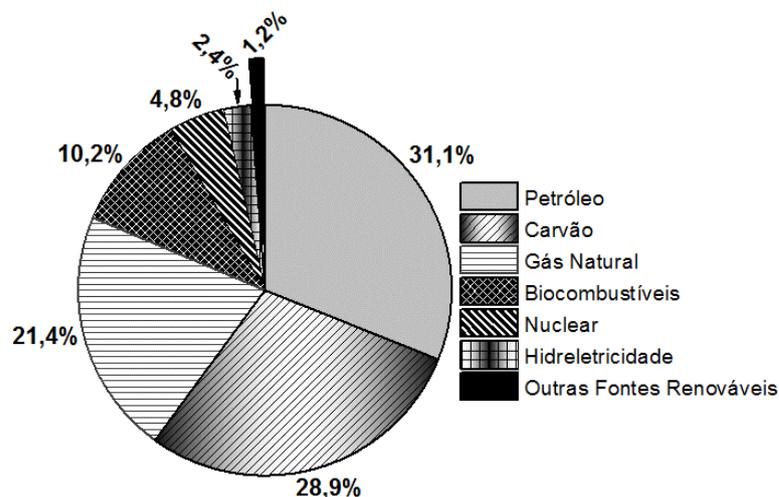


Figura 3: Produção mundial de energia primária em 2015  
Fonte: IEA, 2015

O cenário energético de referência é determinado pelo uso de fontes não renováveis de energia, pelos combustíveis fósseis com 31,1% de petróleo, 28,9% de carvão mineral e 21,4% de gás natural, correspondendo 81,4% da produção mundial de energia primária. A energia nuclear representa 4,8% e 13,8% de energia renovável incluindo biocombustíveis, hidroeletricidade e pela abrangência de outros renováveis, representados, por meio da energia geotérmica, eólica e solar fotovoltaica e térmica.

A Figura 4 trata do consumo final de energia no período de 1973 a 2013, pela redução no uso dos combustíveis fósseis a partir do petróleo em (8,4%), carvão em (2,1%), com acréscimo de 1,1% no gás natural, assim como o decréscimo nos biocombustíveis em (0,9%) e o acréscimo de 1,7% em outras fontes renováveis de energia, considerando a energia geotérmica, eólica e solar fotovoltaica e térmica. E com o crescimento significativo no consumo da eletricidade em 8,6%, conforme IEA (2015).

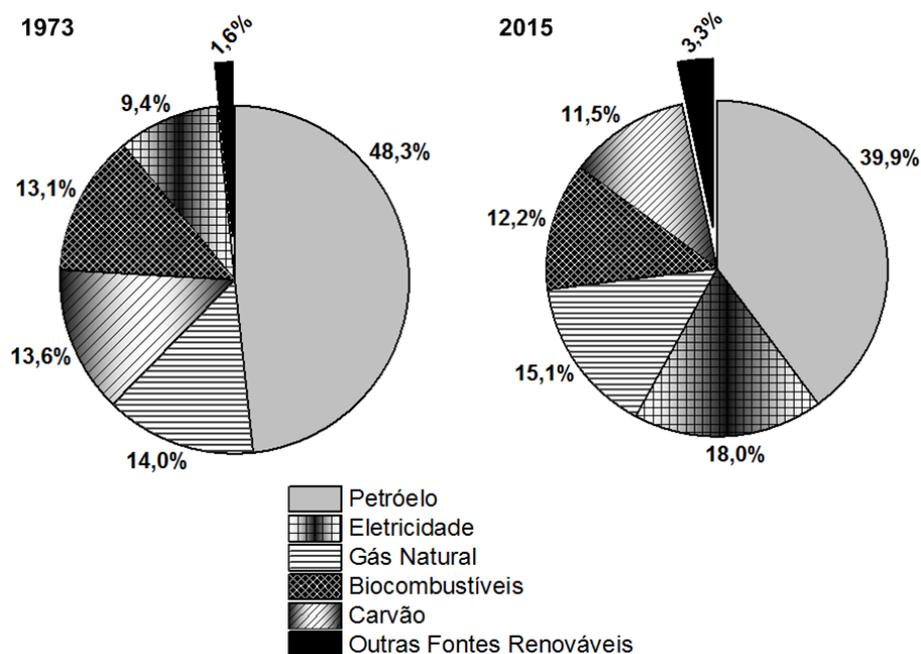


Figura 4: Consumo final de energia no período de 1973 a 2015  
Fonte: IEA, 2015

A Tabela 1 mostra a participação no consumo final de energia pelos países membros e não membros da OCDE, com uma população de 1,3 e 0,8 bilhões de habitantes, com um consumo *per capita* de energia de 4,2 e 4,7 tep.

Tabela 1: Distribuição da população e energia per capita em 2013 Fonte : (IEA, 2015)

Países	População (Bilhões)	Consumo <i>per capita</i> de energia (tep)
Mundo	7,1	1,9
Países membros da OECD	1,3	4,2
Países não membros da OECD	0,8	4,7

A continuidade pela opção de uma matriz energética fóssil proporciona problemas difíceis de resolver, como a degradação ambiental em nível local, regional e global, e a dependência estabelecida por uma economia externa, além da segurança energética do suprimento.

Em nível local, as emissões de material particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis, monóxido de carbono e outros poluentes estão relacionadas como os principais contribuintes para a poluição do ar urbano, descritos por UNDP (2004), Goldemberg (2006) e IEA (2015), que são originados pela queima de combustíveis fósseis para produção de energia, incluindo o setor de transporte.

A Figura 5 mostra a participação dos combustíveis fósseis, eletricidade e outras fontes renováveis de energia, no período de 1973 a 2015, em (21,2%) pelos países membros da OECD, seguido pela China com acréscimo de (7,4%); a Ásia com o acréscimo de (4,7%); os países não membros da OECD, representados pela Europa e Eurásia com um acréscimo de (1,3%); África por (2,1%); países não membros da OECD (Américas) por (1,3%); Oriente Médio com (1,3%); e o acréscimo mais significativo pelo consumo final de energia pelos abrigos militares aéreos e navais em (3,1%) (IEA, 2015).

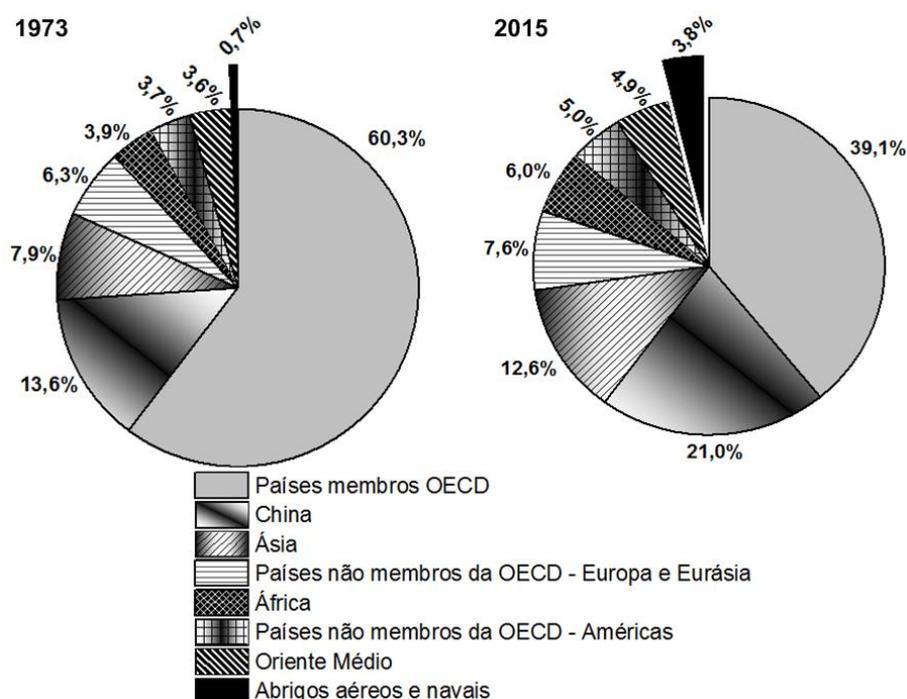


Figura 5: Participação dos países membros e não membros da OECD no consumo final de energia no período de 1973 a 2015

Fonte: IEA, 2015

A dependência energética, demonstrada por Goldemberg (2006) e UNDP (2004), é estabelecida por se tratar de bens na forma de *commodities* que estão concentrados em algumas partes do mundo, como o petróleo no Oriente Médio, impactando muitos produtores não petrolíferos no mundo em desenvolvimento. Além disso, há a dependência das importações de petróleo em países como os Estados Unidos, criando o problema de segurança energética pela descontinuidade no suprimento do energético fóssil, comprovando que um futuro baseado em combustíveis fósseis não é sustentável UNDP (2004) e IEA (2015).

As soluções possíveis para estes problemas consistem em aumentar a vida útil das reservas de combustíveis fósseis ou expandir a quota de renováveis no sistema energético mundial *UNDP* (2004) e *IEA* (2015).

A otimização da eficiência, na utilização final dos combustíveis fósseis, pode ser um instrumento para estender a vida útil das reservas, o que significa enfrentar o problema a partir da demanda e não do lado da oferta, que está sendo usado desde os anos 1970, mas com um potencial ainda considerável *UNDP* (2004) e *IEA* (2015).

O consumo *per capita* de energia elétrica é pequeno nos países em desenvolvimento, sendo que, por exemplo cerca de 2 bilhões de pessoas em todo o mundo ainda não possuem acesso à eletricidade. O consumo de energia *per capita* comercial tende a decrescer, em uma fase inicial, como está acontecendo na China e em outros países, por meio do uso de tecnologias de produção e processos industriais de baixa eficiência. Por outro lado, observa-se a melhoria contínua na eficiência energética, pela inclusão de novas tecnologias na produção e utilização final da energia, como ocorreu nos países industrializados a partir do ano de 1900 *UNDP* (2004) e *IEA* (2015).

O desenvolvimento sustentável não é possível sem a possibilidade de suprir e usar energia sustentável. As metas para a década, com relação a energia sustentável (*Decade of Sustainable Energy for All – UNDP - 2012*), proposto pelo Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (2012), considera que uma em cada cinco pessoas no planeta ainda não tem acesso à eletricidade. Também, estima que três bilhões de pessoas dependem da biomassa tradicional como a madeira, carvão, carvão vegetal para cozimento de alimentos e aquecimento.

No contexto econômico, conforme a *UNDP* (2012), isso se configura em uma condição de injustiça social, de acordo com as metas de desenvolvimento do milênio (*Millennium Development Goals – MDG's*), tornando-se um dos principais obstáculos para a erradicação da pobreza.

Nos países industrializados, não há falta de acesso aos serviços energéticos modernos como a eletricidade. Mas o problema da energia é associado à geração de resíduos e à poluição. Em todo o mundo, o uso ineficiente da energia prejudica a

produtividade econômica e as emissões contribuem significativamente para o aquecimento global do planeta (UNDP, 2012).

A mudança climática nos coloca em situação de risco, mas os problemas socioeconômicos provocados pela pobreza requerem estratégias pertinentes que possibilitem o acesso aos serviços energéticos modernos pela introdução da eletricidade (UNDP, 2012).

Os países industrializados devem se adaptar às tecnologias no sentido de poupar os energéticos fósseis, por meio do uso das fontes renováveis de energia, pela implementação dos serviços energéticos modernos (UNDP, 2012).

## **2.2. A participação das energias renováveis no sistema energético mundial e no Brasil**

A diversidade tecnológica, segundo Goldemberg (2006), (UNDP, 2004; IEA, 2015), envolvendo as energias eólica, fotovoltaica, biomassa, foram desenvolvidas e passaram da fase de pesquisa e se tornaram comerciais, com ressalva em alguns casos específicos como o mercado de geração distribuída conectado à rede elétrica das concessionárias de energia no Brasil (ANEEL, 2008).

O problema descrito para as energias renováveis é compensado por não emitir GEE no ciclo de vida do uso dos componentes eletroeletrônicos, como ocorre nos sistemas autônomos de geração fotovoltaica (*Stand Alone Photovoltaic System – SAPV*). Assim, como os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, com 20 a 30 anos de emissões evitadas de CO<sub>2</sub>, contabilizam baixas emissões líquidas de carbono durante o seu ciclo de vida total, considerando o impacto ambiental da ACV, demonstrado por García-Valverde *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2013).

Além disso, uma das vantagens proporcionada pela adoção de energias renováveis, é a criação de uma nova categoria de emprego e postos de trabalho pela introdução dos empregos verdes (*green jobs*), o que pode ajudar a resolver os atuais problemas de equidade socioeconômica pelo acesso à energia em comunidades isoladas (DAS e BALAKRISHNAN, 2012).

A informação pertinente é demonstrada na Tabela 1, pelo consumo de energia *per capita* de 0,90 tep para os países que não são membros da OCDE. Para os países membros da OECD o consumo *per capita* de energia é cerca de cinco vezes maior, sendo 4,68 tep. Há, portanto, um problema de desigualdade no uso de energia *per capita*. O mesmo problema de equidade socioeconômica está presente na distribuição da renda. No entanto, não há consenso de que as mudanças na forma como a energia é produzida e utilizada ajudarão a resolver este problema (IEA, 2015).

As projeções sobre o papel das energias renováveis nas próximas décadas corresponderão entre 10 a 20% do consumo de energia do mundo. No entanto, se esse nível for alcançado, irá colocar as energias renováveis como um segmento essencial da indústria mundial de energia para um futuro energético sustentável (GOLDEMBERG, 2006).

A geração de 1 TWh energia elétrica a partir de combustíveis fósseis cria 250 postos de trabalho por ano; a mesma capacidade de energia eolioelétrica cria cerca de 10 vezes mais empregos, sendo que a biomassa de madeira proporciona 4 vezes mais empregos que a eletricidade produzida por energéticos fósseis (GOLDEMBERG, 2004).

A energia moderna de biomassa é representada principalmente pelos bicompostíveis, como o etanol e biodiesel, e provavelmente crescerá mais rápido, uma vez que está sendo introduzida de uma forma crescente em vários países, incluindo os EUA, o Brasil e a União Europeia, com uma taxa de crescimento de 10% ao ano (UNDP, 2004; GOLDEMBERG, 2006).

A Tabela 2 demonstra o cenário previsto para a nova energia renovável para o ano de 2020, conforme uma taxa contínua de crescimento, a partir da contribuição energética em (EJ - Exajoule –  $10^8$  J), observada entre o período de 2001 a 2020.

O efeito causa-ação, pela introdução de uma nova energia renovável, será a contribuição na produção de energia entre 6,7% e 12,9%, em relação ao consumo energético total no ano de 2020. As novas energias renováveis exigem maior participação do governo em sua fase inicial de desenvolvimento até a introdução no mercado (UNDP, 2004; GOLDEMBERG, 2006).

Tabela 2: Contribuição e crescimento dos Novos renováveis, dados de 2001 com projeção para 2020  
 Fonte: (adaptado de UNDP, 2004; GOLDEMBERG, 2006)

	2001		2020		
			Baixo		
	Contribuição (EJ)	Taxa de crescimento por ano no período de (1997 – 2001) (%)	Contribuição (EJ)	Taxa de crescimento prevista por ano (%)	
				Alto	
Energia moderna de biomassa	6.000	2,500	9.592	10,000	39.695
Energia geotérmica	2.100	3,000	3.682	10,000	12.843
Pequenas centrais hidrelétricas	0,360	3,000	0,631	3,000	0,631
Solar térmica de baixa temperatura	0,200	10,000	1,223	10,000	1,223
Eleticidade eólica	0,160	30,000	23.391	30,000	23.391
Eleticidade solar fotovoltaica	0,004	30,000	0,585	30,000	0,585
Eleticidade solar térmica	0,003	2,000	0,004	2,000	0,004
Energia marinha	0,002	0,000	0,002	0,000	0,002
Total de novas energias renováveis	8.900	-----	39.111	-----	75.375
Consumo mundial de energia	402,00	2,000	585,640	-----	585,640
Fração de novas energias renováveis	2,200%	-----	6,700%	-----	12,900%

O perfil padrão de renováveis (*Renewable Portfolio Standards - RPS*) representa uma abordagem verticalizada de gestão de baixo para cima, em nível de país ou região. Como exemplo, a política utilizada pelo governo Federal, por meio do Programa Luz para Todos, remove as barreiras de mercado envolvendo tecnologias em energia renovável FV, garante o desempenho na continuidade do papel em um ambiente de concorrência, após a reestruturação da indústria de geração da energia elétrica. Em sua forma mais simples, a RPS determina que uma porcentagem, de toda a

eletricidade gerada, deve ser proveniente de fontes renováveis de energia, como a eólica, hidrelétrica, energia solar fotovoltaica e térmica, gás de aterros sanitários, geotérmica e biomassa (EPA, 2002; UNDP, 2012).

A expansão da capacidade de geração da energia elétrica é baseada em um novo contexto, por meio de uma sociedade mais preocupada com a poluição do ar, preservação da biodiversidade, o aquecimento global e outras questões ambientais e sociais. O Brasil ainda possui uma matriz energética limpa. O potencial da energia hidrelétrica possui uma contribuição pertinente para manter a limpeza da matriz energética e aumentar a segurança no suprimento de energia. No entanto, os projetos destinados à hidrogeração estão sofrendo uma diminuição proporcional à capacidade hidráulica instalada em relação ao sistema SIN (ANEEL, 2008; ONS, 2009).

A produção de energia com o uso da biomassa residual da cana-de-açúcar para geração termelétrica parece ser uma opção para a expansão da termeletricidade, considerando a disponibilidade de combustível, que é proveniente de fonte renovável e permite o sequestro das emissões de CO<sub>2</sub> lançados na atmosfera, assim como pela maturidade tecnológica ter atingido a fase comercial. A produção eólicoelétrica de energia também poderá trazer os benefícios similares, se comparados com o potencial de produção energética por meio de resíduo de biomassa (ONS, 2009; BEN, 2010; 2011).

As recomendações para as pesquisas futuras estariam concentradas nas políticas energéticas, aliadas aos instrumentos regulatórios destinados a promover a produção de eletricidade a partir do uso de fontes renováveis de energia, como os sistemas de geração fotovoltaica conectado à rede elétrica e os sistemas autônomos de geração SAPV (REN, 2014).

### **2.3. A geração e a demanda da energia no Brasil**

O desenvolvimento do setor elétrico brasileiro, demonstrado pelo Operador Nacional do Sistema (ONS), como instituição responsável pela gestão do SIN, por meio da transmissão de energia elétrica, integra 161 usinas hidrelétricas em operação e aguarda a entrada de novas usinas de geração para os próximos cinco anos,

corresponde a um acréscimo de 20% a 30% das hidrelétricas com a capacidade instalada acima de 1000 MW (ONS, 2009).

A participação da hidreletricidade, segundo a ONS em 2009, corresponde a 85% do total da geração anual, considerando o baixo nível dos reservatórios e a baixa flexibilidade de algumas energias térmicas, a partir das plantas nucleares e pelos despachos de energia gerada para o atendimento do fluxo de carga demandada. A Tabela 3 mostra o perfil da capacidade instalada no sistema SIN, em 2008.

*Tabela 3: Estrutura da capacidade instalada de geração no SIN (adaptado de ONS, 2009).*

<b>Tipos de Geração</b>	<b>MW</b>	<b>(%)</b>
Hidrelétrica	71.440	67,19
Hidrelétrica de Itaipu (Geração para o Brasil)	7.000	6,58
Térmicas por combustíveis fósseis	25.080	23,59
Térmica nuclear	2.007	1,89
Eólica	602	0,57
Biomassa	173	0,16
Outros tipos de geração (Solar)	20	0,02
<b>Total</b>	<b>106.322</b>	<b>100,00</b>

A geração hidrelétrica mais significativa demonstrada pelo SIN em 2008, corresponde a 73,77% com 78.440 MW, exigindo uma complementaridade energética de 27.087 MW, por meio de usinas térmicas convencionais e nucleares, com uma penetração da geração térmica de 25,48%, a inclusão das energias renováveis a partir da geração eólica e biomassa, correspondem a 775 MW, representando uma participação de 0,73% (ANEEL, 2008).

O presente estudo sobre os sistemas autônomos de geração FV estão inseridos dentro da capacidade instalada de 20 MW, o que representa 0,02%, da capacidade instalada de geração, embora pequena sua contribuição, é pertinente para as comunidades isoladas (SCHMID e HOFFMANN 2004; ONS, 2009).

#### **2.4. A evolução da energia elétrica no Brasil**

A contextualização histórica do sistema SIN, de acordo com Pinto e Walter (2011), teve uma contribuição marginal para a expansão das usinas termelétricas. E o contrário ocorreu nos sistemas isolados, localizados na região Amazônica, o que

representa apenas 3,40% do total do suprimento na geração de energia elétrica, baseado em usinas térmicas que queimam combustíveis fósseis.

Em 1960, o Ministério de Minas e Energia tomou as primeiras ações que visavam à operação interligada com as usinas hidrelétricas. Na época, apenas as usinas térmicas complementavam o suprimento de energia elétrica para os sistemas elétricos locais, a fim de atender a demanda por eletricidade, condicionada pelas restrições, impostas pela ausência das linhas de transmissão, impossibilitando o sistema elétrico brasileiro a enfrentar as eventuais secas prolongadas pelo baixo nível dos reservatórios (LANNA e TUCCI, 1993; REAL *et al.* 2009).

A operação majoritária das usinas termelétricas, conforme Cachapuz (2006), possibilitou a gestão dos reservatórios das hidrelétricas, com a finalidade de assegurar os menores custos de geração de eletricidade aliada à alta confiabilidade e, atendendo a um objetivo adicional por meio da prestação de serviços na rede elétrica, principalmente nos horários de pico. Em 1973, a conta de consumo de combustível (CCC), foi criada para assegurar a distribuição dos custos de combustíveis fósseis, proveniente da geração térmica, definindo que os custos desta modalidade de produção elétrica seriam divididos entre todos os serviços públicos proporcionalmente aos seus mercados (LANNA e TUCCI, 1993; CACHAPUZ, 2006; REAL *et al.* 2009).

No contexto histórico entre os anos de 1962 e 1989, a capacidade instalada de geração da energia elétrica no Brasil cresceu de 4,9 GW para 48,9 GW, com destaque para a participação da hidreletricidade no sistema SIN. Isso pode ser explicado pelo grande potencial hídrico do Brasil, associado ao menor custo da geração hidrelétrica e o progresso do sistema SIN. Durante esses anos, a parcela de participação da geração termelétrica, dentro da capacidade instalada, foi reduzida progressivamente, para cerca de 25% em 1962, e alcançando apenas 10% em 1989 (CACHAPUZ, 2006).

Por outro lado, as duas usinas nucleares existentes no Brasil, integram-se ao SIN com o início das operações de geração em 1985 e 2001. A construção das centrais nucleares seguiu as razões de orientação do planejamento estratégico brasileiro para atender as necessidades de demanda por energia elétrica, sendo ambientalmente eficiente por não emitir GEE (ONS, 2009; PINTO e WALTER, 2011).

A geração térmica, a base de carvão foi predominante no sul do país, assegurando o combustível destinado a geração de eletricidade, viabilizado e mantido pela atividade de mineração e a sua importância para a econômica local (ONS, 2009).

A grande tradição da indústria da cana-de-açúcar no Brasil, até a década de 1980, foi realizada pela queima de biomassa do bagaço de cana destinado à geração de eletricidade, para o auto suprimento das usinas, conforme ANEEL (2008), destinado à produção do etanol e açúcar. No início de 1990, 90% da capacidade de geração foi baseada em hidrelétricas, sendo que 96,80% da energia total gerada foi estimada em 235 TWh, onde um quinto desta eletricidade gerada foi proveniente de Itaipu.

A medida governamental do Brasil diante da escassez de eletricidade, de acordo com Bajay (2006) e Cachapuz (2006), foi de adotar um programa de racionamento de energia, posto em prática a partir de junho de 2001 até março de 2002, resultando em uma redução do consumo de energia elétrica. Além disso, foi antecipado o funcionamento de algumas instalações de geração e transmissão.

A década de 1990 para o setor elétrico brasileiro, descrita por Bajay (2006), corresponde ao período representado por uma profunda crise financeira, conforme uma avaliação da evolução institucional na indústria de suprimento em energia elétrica do Brasil, a partir da análise dos eventos que levaram à reforma e privatização parcial do tradicional modelo de gestão pública do Sistema Elétrico Brasileiro, conforme ONS (2009).

O processo de reestruturação foi caracterizado, principalmente, pela desagregação ocorrida entre a geração, transmissão, distribuição e atividades comerciais; pela introdução da concorrência nas extremidades da cadeia de suprimento da eletricidade, entre a geração e a comercialização, por meio de um ambiente de livre acesso na forma de licitação pública; pela adoção de um novo quadro institucional de regulação do setor elétrico e pela inclusão do produtor independente de energia elétrica (BAJAY, 2006).

No entanto, esta reforma e outras medidas tomadas pelo Governo brasileiro não foram capazes de evitar uma escassez de oferta de eletricidade em 2001 que, segundo Bajay (2006) e Cachapuz (2006), foi causada pelos atrasos envolvendo os projetos

na geração e transmissão de energia elétrica, devido à falta de investimento, demonstrado no relatório da comissão energética, criada pelo Ministério de Minas e Energia, por meio de análise das causas de escassez de energia elétrica.

As circunstâncias que envolveram a falta no suprimento de energia elétrica em 2001, para o ONS (2009); BEN (2010), modificaram o contexto de importância das usinas térmicas no setor elétrico brasileiro. E dois elementos principais foram decisivos para adoção destas novas medidas pelo SEB:

- I. O Programa Prioritário em Termelétricidade (PPT) foi lançado pelo Governo Federal em setembro de 1999, com o objetivo de apoiar o aumento na oferta de eletricidade em curto prazo, a partir da construção de novas usinas térmicas acionadas a GN, viabilizado pelo suprimento garantido pela Petrobras.
- II. A maior parte do potencial inexplorado de energia hidrelétrica está localizada na região norte, especificamente na Amazônia. Esta região detém o equivalente a cerca de 180 GW de potencial inexplorado de energia hidrelétrica, ou seja, cerca de 70% do potencial total restante; mas seu uso é muito controverso devido a razões ambientais e sociais. Além disso, seus custos totais previstos são elevados, principalmente pela necessidade de percorrer grandes extensões em linhas de transmissão.

A inclusão de novas usinas hidrelétricas tem uma capacidade de regularização baixa, devido à exigência dos instrumentos regulatórios de avaliação dos impactos ambientais e sociais, com a exigência de uma menor área disponível para os reservatórios, prevendo que a energia térmica se tornaria mais importante nos próximos anos. No entanto, uma questão importante a ser considerada é que as diferentes centrais térmicas, embora possuam o seu potencial de flexibilidade na operação, envolvendo diferentes horários e regimes de operação para o suprimento da demanda, possuem diversos impactos sobre a economia e o meio ambiente (ANEEL, 2008; ONS, 2009).

## **2.5. A energia hidrelétrica e a capacidade de regularização dos reservatórios do Sistema Elétrico Brasileiro**

A predominância da hidreletricidade na participação do sistema SIN no Brasil é combinada com o padrão inerente de imprevisibilidade das chuvas tropicais que impulsiona o fluxo dos rios. Neste contexto, a geração por usinas térmicas tem a mesma relevância dos reservatórios das usinas hidrelétricas para garantir uma energia hidráulica secundária (ONS, 2009; BEN, 2011).

A variabilidade do fluxo de muitos rios no Brasil impulsiona naturalmente a ocorrência de excesso de água em épocas de chuva e sua escassez em períodos de seca, justificando a necessidade de existência dos reservatórios com a finalidade de garantir o armazenamento de água durante as estações das chuvas, tornando disponíveis para o uso complementar de energia elétrica e suprimento hídrico durante o período seco (ONS, 2009; BEN, 2011).

Na medida em que os fluxos pluviométricos tornam-se aleatórios e escassos, a previsão exata do tamanho do reservatório para o futuro suprimento da demanda de água e eletricidade é comprometida. Além disso, a diferença entre os fluxos de água, entre as estações chuvosas e secas, pode ser significativamente elevada, especialmente tratando-se na região Amazônica (ANEEL, 2008).

A estratégia operacional do sistema elétrico, adotado pelo ONS, define a quota de energia gerada por hidrelétricas e termelétricas, a fim de atender às necessidades por eletricidade de acordo com o planejamento mensal, durante cinco anos. Este procedimento passa por um modelo de otimização que utiliza técnicas estocásticas de programação dinâmica. O objetivo é minimizar a expectativa do custo total de operação projetada para um período de cinco anos, onde a análise de custo considera a oportunidade da entrada de água para geração de eletricidade dentro do período de planejamento, mais o custo da geração térmica e as penalidades por falhas no fornecimento de energia (GOMIDE, 1993; LANNA e TUCCI, 1993; REAL *et al.* 2009; ONS, 2009).

A capacidade equivalente à geração hidráulica e suprida pela geração termelétrica é conhecida como 'reservatório equivalente', em que a energia térmica supre o déficit

da geração hidrelétrica, sendo utilizado como uma representação agregada do sistema hidráulico. O ONS usa um modelo computacional, chamado *NEWAVE*, a fim de calcular a estratégia de funcionamento mensal para geração hidrelétrica com a finalidade de estimar o quanto vai necessitar da produção termelétrica. A utilização mais detalhada do algoritmo de otimização é demonstrada por Pereira e Pinto (1984); e para a crítica e abordagens alternativas tem-se Soares e Carneiro (1991) e Martinez e Soares (2004).

A análise da operação do sistema SIN, conforme Pereira (1989), Soares e Carneiro (1991), Martinez e Soares (2004), tem o objetivo principal de avaliar o quanto de eletricidade gerada pelas usinas termelétricas complementam a geração das usinas hidrelétricas, o comportamento dos fluxos de água e o quanto da capacidade de operação dos reservatórios será afetada, não só pela geração de energia elétrica proveniente das centrais térmicas existentes, assim como pela expansão na participação desta modalidade de geração.

A capacidade de armazenamento de energia do 'reservatório equivalente' corresponde à energia elétrica que pode ser gerada pelo emprego da capacidade útil de todos os reservatórios, para um dado conjunto de volume inicial, assumindo uma regra de operação simplificada (ANEEL, 2008).

A capacidade útil de um reservatório é definida como a quantidade de água que pode ser usada para a produção de eletricidade em uma usina hidrelétrica e é equivalente ao volume total de água em um reservatório de menor volume, chamado de 'morto'. A finalidade teórica considera o fluxo de água que passa pelas turbinas, que é responsável pela conversão em energia pelo parâmetro de produtividade da planta hídrica. Usando o conceito de 'reservatório equivalente', o influxo de água do sistema real é representado pelos fluxos de energia agregada, que são separados em duas partes (ONS, 2009; BEN, 2011): a partir dos fluxos controláveis, ou seja, pela capacidade de armazenamento da água convertível em energia hidráulica; pelo componente das entradas de energia hidráulica em fluxo contínuo (*run-of- river*).

A Figura 7 mostra: (I) os valores de consumo de energia em MW em 2008; (II) fluxos de energia e (III) a capacidade de armazenamento no mesmo ano para os quatro

subsistemas de energia elétrica do Brasil, consideradas pela ANEEL (2008) e ONS (2009).

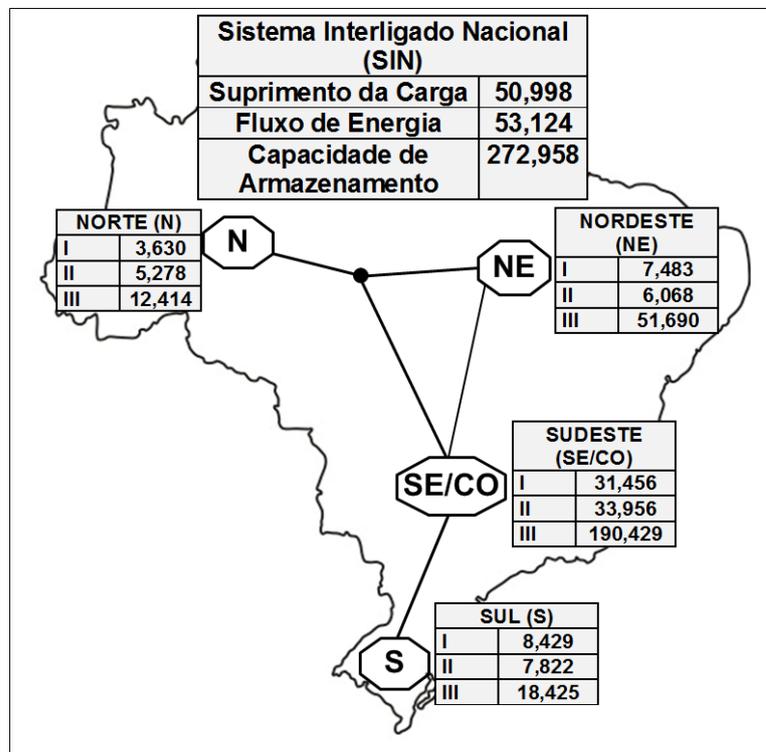


Figura 6: Fluxo energético no sistema SIN  
Fonte: (adaptado ANEEL, 2008; ONS, 2009)

Os dados dos fluxos de água para todos os rios brasileiros, que são de interesse para a geração de eletricidade, têm pelo menos uma usina hidrelétrica e, estão disponíveis desde 1931. A análise desses dados demonstra a enorme variabilidade. Por outro lado, algumas estatísticas básicas de entrada de energia entre 1931 à 2007, na forma de influxo de energia em (GW\*) por meio de dados históricos cumulativos (LANNA e TUCCI, 1993; REAL *et al.* 2009).

A Figura 7 mostra as séries temporais. Possuem 912 valores mensais durante 76 anos. Uma possível abordagem para realizar o cálculo do tamanho do reservatório é a combinação dos valores sintéticos mensais da série anual de energia que flui para gerar eletricidade e, conseqüentemente, amplia o quadro de utilização das séries sintéticas ou o uso de dados históricos (ANEEL, 2008; ONS, 2009; BEN, 2011).

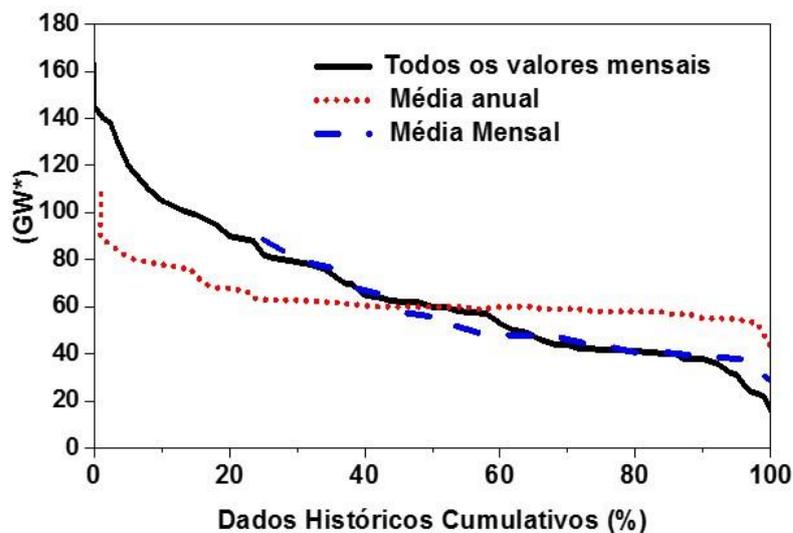


Figura 7: Influxo de energia pelos dados históricos cumulativos (%)  
 Fonte: (adaptado ANEEL, 2008; ONS, 2009 ; BEN 2011)

O Operador Nacional do Sistema utiliza 2000 séries geradas a partir de dados históricos, a fim de definir a estratégia de atuação em cada mês. A metodologia empírica é útil, pois oferece uma visão abrangente e fácil de reproduzir o dimensionamento para reservatório, superando a etapa de geração das séries sintéticas (ONS, 2009).

A dimensão ocupada pelo reservatório de um sistema hidrelétrico, conforme Pereira e Pinto (1984), Pereira (1989), Soares e Carneiro (1991), Gomide (1993), Martinez e Soares (2004), Pinto e Walter (2011), é baseado no critério único da capacidade de acumular as águas provenientes das estações de chuvas, com a finalidade de manter o estoque necessário de água, para ser utilizada em estações secas, em que não ocorre a recarga de água para fins de armazenamento, considerando-se que a produção de eletricidade será contínua e não sofrerá interrupções no suprimento demandado pelas unidades consumidoras.

A construção de um grande reservatório, de acordo com Pinto e Walter (2011), poderá ser impossível ou inviável, considerando-se as questões ambientais, principalmente na região Amazônica. Em termos econômicos, o tamanho ideal de um reservatório corresponde a um compromisso entre o custo do investimento e o custo da escassez de eletricidade em períodos de seca.

A capacidade de armazenamento dos reservatórios pode ser modificada quando houver grandes influxos decorrentes das longas estações chuvosas, responsável pelo transbordamento do reservatório. Outro fator que deve ser levado em consideração no dimensionamento dos reservatórios é o impacto na política econômica causada pela escassez de energia elétrica (GOMIDE, 1993; MARTINEZ e SOARES, 2004; REAL *et al.* 2009).

O problema do dimensionamento do reservatório alcança proporções mais complexas, quando se refere à demanda de energia elétrica e à possibilidade de um crescimento em tempo significativo em relação às perdas, envolvendo a eficiência de armazenagem de água dos reservatórios, a evaporação e vazamentos (PINTO e WALTER, 2011).

## **2.6. A energia termelétrica e a qualidade da geração de eletricidade no Sistema Elétrico Brasileiro**

A lógica do sistema elétrico brasileiro está direcionada ao aproveitamento do potencial disponível do recurso hídrico. As grandes entradas de água podem contribuir para evitar problemas na geração hidrelétrica por muito tempo, especialmente nas estações de seca, por meio da operação de reservatórios e a partir de um planejamento energético adequado. A participação das usinas termelétricas, pela inclusão dos novos procedimentos, possibilitará a celeridade no despacho das usinas térmicas pela inserção de novas regras contratuais, conforme a contabilidade nos fluxos de energia, baseado no nível dos reservatórios durante as estações secas (BEN, 2009; 2010).

Os novos procedimentos são uma garantia de segurança energética, contra a escassez hídrica dos reservatórios, e a necessidade de produção da energia térmica no momento desejado, a fim de evitar o desperdício de combustível e o transbordamento dos reservatórios, durante as estações das chuvas.

O impacto da geração termelétrica em regime contínuo durante o período de 60 meses, sobre a capacidade de regularização do Sistema Elétrico Brasileiro, é mostrado pela Figura 9, conforme BEN (2010; 2011), a partir da produção média de energia térmica em 10,50 GW, assegurando o funcionamento do SEB, com a

previsibilidade em um horizonte de tempo de 5 anos, sem nenhuma interrupção no suprimento de energia elétrica, mesmo considerando o colapso de fluxo hidrológico da série histórica.

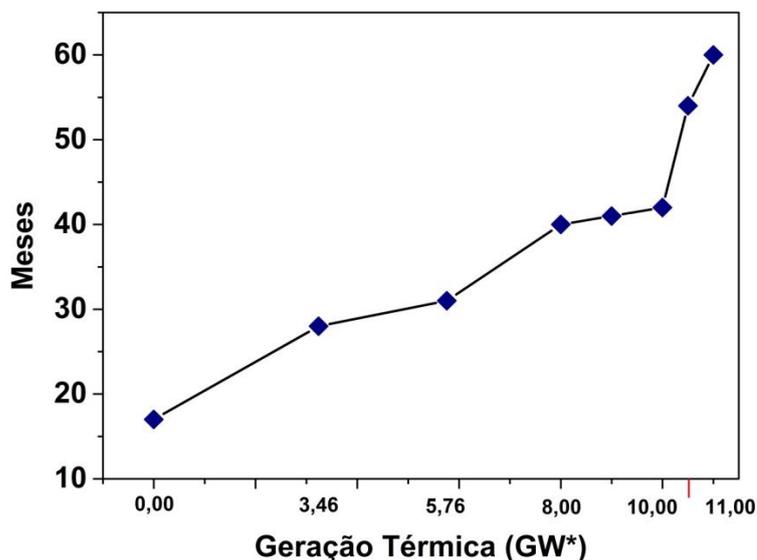


Figura 8: Potência da geração térmica em regime contínuo durante o período de 70 meses  
Fonte: (adaptado ONS, 2009; BEN 2010).

A Figura 9 considera a geração termelétrica em regime contínuo durante o período de 60 meses, envolvendo duas situações: a primeira pela Produção de Energia Térmica Contínua (PETC) ao longo do ano e a segunda pela produção térmica apenas durante a temporada das estações secas (ONS, 2009; BEN, 2010).

O método de ajuste da soma parcial indica a quantidade de água acumulada. Uma vez que não é possível armazenar mais energia potencial hidráulica, além da capacidade máxima do reservatório, quanto maior o valor da soma parcial, maior será a energia hidráulica disponível para a produção de eletricidade (MARTINEZ e SOARES, 2004; REAL *et al.* 2009; ONS, 2009).

A expansão na produção de energia elétrica no Brasil pelo SEB, descrito por Bajay (2006), Pinto e Walter (2011), foi induzida, por meio de leilões anuais promovidos pelo MME (Ministério de Minas e Energia), pela previsão da demanda de energia em um horizonte de anos 3 a 5 anos, com base nos dados coletados a partir das concessionárias de distribuição de energia elétrica, para 64 áreas em todo o país.

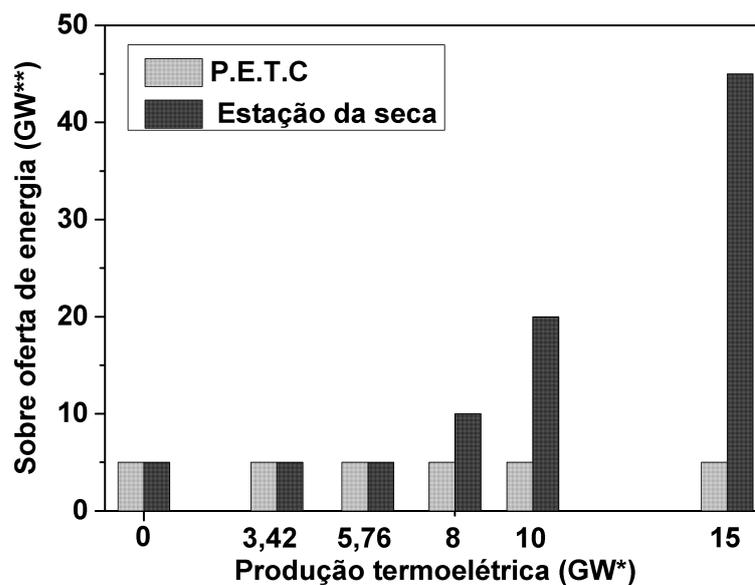


Figura 9: Impactos da produção térmica anual

Fonte: (adaptado MARTINEZ e SOARES, 2004; REAL et al. 2009; ONS, 2009)

A produção térmica apresentada na Figura 10 foi considerada pela comparação entre duas situações. O cenário de excesso da energia hidráulica é estimado com base no valor máximo referente à soma do ajuste parcial (ONS, 2009).

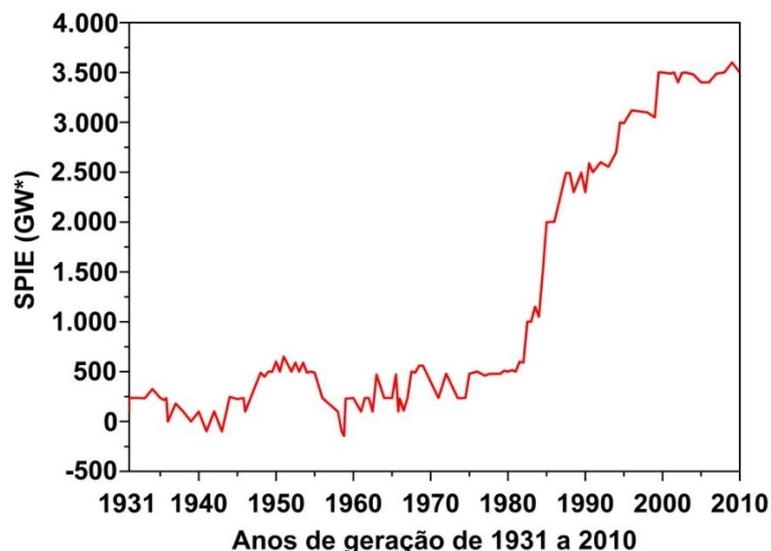


Figura 10: Produção térmica considerando o excesso de água nos reservatórios

Fonte: (adaptado ONS, 2009)

No caso da hidreletricidade, o projeto básico de uma nova planta hidrelétrica é feito pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), conforme as diretrizes técnicas estabelecidas pelo Ministério de Minas e Energia (MME). Em seguida, os projetos são ofertados aos grupos empresariais e cabe ao grupo vencedor a responsabilidade de suprir a produção de eletricidade durante 30 anos, conforme o critério do menor preço.

## 2.7. A complementaridade hidrelétrica na Amazônia para o SIN

A expansão da energia hidrelétrica no Brasil tende a ser diferente da tendência histórica. A evolução na introdução de novas hidrelétricas, a partir de 2008, demonstra pouca ou nenhuma capacidade de regularização na construção de grandes reservatórios, devido às novas exigências na regulamentação de tecnologias de operação *run-of-river*, com barramento parcial ou a fio de água, sem a possibilidade de estocagem da água para períodos de escassez hídrica (PINTO e WALTER, 2011).

A indisponibilidade de uso da energia hídrica é demonstrada pelo ONS, por meio das hidrelétricas em fase de construção na Amazônia, apresentando uma grande variação entre os fluxos de energia hidráulica, em estações secas e chuvosas, chegando a 6 vezes no caso dos recentes projetos aprovados para o Rio Madeira, com um fluxo médio de água com cerca de 34.600 m<sup>3</sup>/s, no mês de março, quase no final da estação chuvosa quando sofre um decréscimo de 5.360 m<sup>3</sup>/s, mantendo-se em queda durante a estação seca a partir do mês de setembro (ONS, 2009).

A melhor opção na geração de eletricidade é demonstrada pela integração das hidrelétricas da região Amazônica ao sistema SIN, em que a necessidade de complementaridade na produção elétrica seria atendida pelas termelétricas durante a restrição hídrica na estação seca, de forma similar a região Sul, Sudeste e Centro Oeste, pela produção de energia com base nos resíduos de biomassa da cana-de-açúcar, com uma participação de 90% da produção de cana-de-açúcar, aliada ao uso eficiente de áreas destinadas ao cultivo (BEN, 2010; 2011).

O processo com base no ICB tem penalizado as usinas de biomassa, devido a sua adequação de operação durante a estação chuvosa. As vantagens relacionadas com a produção de energia pelo uso da biomassa estão ligadas à produção de eletricidade a partir de resíduos da cana-de-açúcar, na complementaridade na produção de energia elétrica, em relação a disponibilidade dos fluxos de energia hidráulica na região Amazônica, considerando também as emissões não adicionais de GEE (BEN, 2011; LAMPREIA *et al.* 2011).

Além disso, é importante ressaltar que a energia eólica também é mais intensa durante as estações secas, assim como a participação das termelétricas a GN, proporcionando os mesmos benefícios (BEN, 2010; 2011).

A capacidade instalada superior a 5 GW, considera a produção com cerca de 560 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano e, no uso de tecnologias comerciais de geração térmica por resíduo de biomassa é estimado entre 16 e 21 GW. É uma importante oportunidade de expansão energética prevista pela indústria do setor sucroalcooleiro no Brasil, principalmente para a produção de etanol. A contribuição da biomassa residual da cana, por meio da queima ser realizada de forma eficiente, otimiza a produção real de energia elétrica para o SEB (BEN, 2010; 2011).

## **2.8. A opção pela geração termelétrica no Estado do Amazonas**

A matriz de geração termelétrica representa um vetor na geração de eletricidade, pela adequação a uma ampla faixa de energéticos como combustíveis, possibilitado pela oferta de energia primária, de acordo com a disponibilidade local de combustíveis, adequando-se às necessidades de atendimento no suprimento de energia elétrica (LORA e ANDRADE, 2009; GÓMEZ e SILVEIRA, 2012).

Neste aspecto, as termelétricas acionadas por combustíveis fósseis, biocombustíveis, biomassa, com ou sem sistemas de gaseificação integrada, adequam-se a uma ampla faixa de combustíveis, conforme Lora e Andrade (2009), permitindo às centrais térmicas gerar energia elétrica a partir de combustíveis sólidos, liquefeitos, gasosos, oriundos de resíduos industriais ou da biomassa.

A flexibilidade na oferta de energia primaria possibilita que a geração de eletricidade não seja comprometida nas estações secas, como ocorre para a geração hidrelétrica, proveniente de um fenômeno climático como o *EL NINÕ* (ELETRONORTE, 1992).

Isso possibilita que as termelétricas adicionem unidades de cogeração, com a combinação de ciclos térmicos, com o uso das caldeiras de recuperação térmica, de acordo com Nogueira (1997); Chicco e Mancarella (2008); Popli *et al.* (2012), ampliando a geração de energia elétrica, por meio de duas entidades energéticas distintas, a partir de um único combustível.

O aproveitamento térmico para produção de trabalho, visando à redução das perdas no sistema de conversão mecânica para elétrica, conforme Nogueira (1997); Chicco e Mancarella (2008); Hinrichs e Kleinbach (2011); Popli *et al.* (2012), com possibilidade de redução dos impactos ambientais, pelo tratamento das emissões de GEE, produzidas pelos processos de geração da energia elétrica, consegue aliar um processo industrial de baixo impacto ao meio ambiente, de forma sustentável.

Na Amazônia ocorre a disponibilidade ambiental para a geração descentralizada de energia elétrica pelas características dos grandes sistemas isolados. Com isso, há municípios do Estado do Amazonas que permanecerão nestas mesmas condições, após a integração à malha elétrica nacional pelo SIN. Segundo Frota e Rocha (2010<sup>a,b</sup>), a disponibilidade na oferta de energéticos convencionais deve ser considerada para a produção de energia elétrica a partir do uso de óleo combustível, óleo diesel, gás natural, assim como dos produtos florestais manejados, conforme Lora e Andrade (2009), com o aproveitamento dos resíduos florestais, por meio das florestas energéticas, demonstradas por Fearnside (1989), que integram o manejo para florestas nativas e para as áreas desflorestadas.

O consumo dos excedentes de resíduos florestais e a conversão em matéria-prima energética é uma das alternativas mais importantes para a sustentabilidade das termelétricas acionadas por biomassas. Entre as suas diversas qualidades, que garantem o seu pleno funcionamento, há o atendimento aos critérios de geração no suprimento de energia elétrica e a continuidade na qualidade da eletricidade produzida, aos mais variados tipos de consumidores (SOUZA, 1996; FEARNSIDE, 1989; LORA e ANDRADE, 2009).

A tecnologia de gaseificação de combustíveis sólidos é o método ambientalmente correto e de melhor custo/benefício para a conversão de resíduos de refinarias em combustível limpo, aproveitada nas termelétricas de ciclo combinado com turbinas a gás, por serem estes resíduos portadores de elementos potencialmente impactantes ao meio ambiente (SHIGEHICO, 1986; ISHIKAWA e NISHIMURA 1990; NOGUEIRA, 1997; LORA e ANDRADE, 2009; DUARTE, 2010; GÓMEZ e SILVEIRA, 2012).

A conversão de energia sustentável para o modelo termelétrico está na opção de disponibilidade energética implementado pela cogeração, criando um vetor energético

a partir de uma entidade energética térmica, pela queima de combustíveis fósseis ou biomassa, de forma menos impactante ao meio ambiente, já que é muito difícil se aplicar o modelo de cogeração em uma hidrelétrica (ARAKAWA *et al.*, 1993; NOGUEIRA, 1997; HIRANO *et al.*, 2008; LORA e ANDRADE, 2009; DUARTE, 2010; FROTA, 2010<sup>a,b</sup>).

Então, não faz sentido a cogeração de eletricidade em uma hidrelétrica como Balbina; mas segundo Souza (1996) e Nogueira (1997), todos os produtores independentes de energia (PIE), com o uso de energéticos fósseis a óleo diesel, puderam implementar a repotenciação da UHE de Balbina, desde a década de 1999, com a utilização de termelétricas com motores diesel.

## **2.9. A evolução na produção e demanda de energia elétrica em Manaus de 1970 a 2000**

A criação da Zona Franca de Manaus (ZFM), pelo Decreto Lei nº. 288, de 28 de fevereiro de 1967, ocorreu dentro do plano nacional de desenvolvimento para a região Amazônica, por meio de um novo modelo econômico, tendo por base a criação de uma área de livre comércio de importação, exportação e de incentivos fiscais. A zona Franca trouxe um crescimento significativo ao consumo de eletricidade à cidade com a criação de numerosos empregos, com uma diversidade de imigrantes oriundos principalmente dos Estados do Pará, Ceará e do interior do Estado (ELETRONORTE, 1983; 1998).

O desenvolvimento econômico implementado pela ZFM é descrito por Souza (1994) pela instalação de uma série de indústrias, para as fases finais de montagem e acabamento do produto. O crescimento da demanda de energia elétrica, entre os anos de 1968 e 1971, foi superior a 20 por cento ao ano. Em 1970, a venda de energia elétrica per capita correspondeu a 368 kWh (ELETRONORTE, 1983; 1998).

A expansão na capacidade de geração do sistema elétrico da cidade foi iniciada a partir de 1967 e executada em dois anos, acrescentando a rede elétrica de Manaus uma potência de geração de 20,8 MW. Em 1971 ocorreu a repotenciação da (Usina Termelétrica de Manaus - UTM 1), ampliando a capacidade de geração para 50,7 MW. A Usina Termelétrica de Manaus (UTM 2), inaugurada em 1977 acrescentou ao

parque gerador da Companhia de Eletricidade de Manaus (CEM) uma potência de 37,2 MW, em sua primeira etapa de construção e instalação. Na sua segunda etapa de ampliação, foi repotencializada em 100 MW (ELETRONORTE, 1983; 1998).

Na década de 1970 ocorreram as primeiras discontinuidades no suprimento de eletricidade provenientes da operação de expansão do Distrito Industrial. De acordo com a Relatório Anual de Operações da Eletronorte Manaus (1980; 1981; 1982) isso foi ocorrência da montagem de novas fábricas que necessitavam de energia elétrica para executar o seu processo de produção.

A ameaça de descontinuidade no suprimento de energia elétrica foi resolvida pela expansão radial de novas linhas de transmissão e distribuição, a partir da Usina do Mauzinho, garantindo a confiabilidade e flexibilidade no suprimento de energia elétrica para o distrito industrial, denominado de Pólo Industrial de Manaus (PIM), como consumidor prioritário (ELETRONORTE, 1982; 1983).

O município de Manaus passou a dispor de duas unidades de geração térmica em regime contínuo por meio da UTM 1 e UTM 2, totalizando 169 MW, atendendo à demanda nos horários de pico. No entanto, conforme a Eletronorte (1982; 1983), a capacidade instalada para época não era satisfatória para manter a energia firme no sistema elétrico de transmissão e distribuição da cidade, pois a disponibilidade do sistema elétrico estava abaixo da capacidade de pico máximo registrado.

Assim, o parque gerador da CEM dispunha de 119 MW de capacidade firme, ou seja, 169 MW total de carga menos 50 MW potência do maior gerador na (UTM 2). Uma pane ou manutenção em uma das duas unidades de 50 MW deixaria a CEM abaixo do pico de consumo, trazendo risco de racionamento para seus consumidores. A possibilidade de um pico de energia, demandada pelos consumidores, maior que a capacidade firme de geração, fez com que a CEM providenciasse uma nova usina de energia elétrica flutuante, com potência de geração que iria dobrar a capacidade de energia firme do sistema elétrico da cidade (ELETRONORTE, 1981; 1982; 1983).

Em 1980, chegou a Manaus a Usina *ELECTRON*, proveniente da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), dotada de turbina a GN capaz de gerar 120 MW. A usina *ELECTRON* funcionaria a princípio somente para manter o equilíbrio entre a

produção e o consumo de energia. Com o acoplamento da Usina *ELECTRON* a capacidade instalada passou a ser de 289 MW (MANAUS ENERGIA S.A. 2000; 2001).

O uso das unidades termelétricas a GN da *ELECTRON*, após a conversão de combustível para óleo diesel gerou uma economia de combustível e um equilíbrio operacional para a Companhia (MANAUS ENERGIA S.A. 2000; 2001).

O cenário energético do Estado do Amazonas, a partir de 2001, envolvendo a geração, distribuição, transmissão e comercialização de energia elétrica, e o setor elétrico, encontra-se em constantes transformações por meio do processo de federalização da Companhia Energética do Amazonas (CEAM), responsável pelo suprimento de energia elétrica no interior do Estado para os 61 municípios, excetuando a cidade de Manaus, com a incorporação e ampliação dos serviços energéticos para a empresa estatal federalizada Manaus Energia S.A (MANAUS ENERGIA S.A. 2000; 2001).

O Amazonas consome uma parcela menor que 1% de toda energia final produzida no Brasil, de acordo com a Eletronorte (1998). Desse percentual, cerca de 87% corresponde ao consumo de eletricidade da cidade de Manaus, proporcionado pelo contínuo crescimento econômico e populacional e por meio da concentração de atividade eletrointensivas associadas ao PIM. O crescimento da demanda foi na ordem de 8% no consumo de eletricidade nos próximos 10 anos na cidade de Manaus, conforme Manaus Energia S.A (2001).

A Figura 11 identifica a evolução da série histórica da capacidade de geração do parque térmico de Manaus demonstrando o acentuado crescimento nas três últimas décadas, a partir do final da década de 1960 até o ano 2000, com cerca de 0,94 GWh, conforme a Manaus Energia S.A. (2000; 2001).

O balanço da energia elétrica anual entre os anos de 2000 e 2001, segundo a Manaus Energia S.A (2002), demonstra uma produção total de 3.641.967 MWh e 3.803.331 MWh, que corresponde a um acréscimo de 4,40% para o ano de 2001, em relação à energia total produzida no sistema elétrico isolado de Manaus.

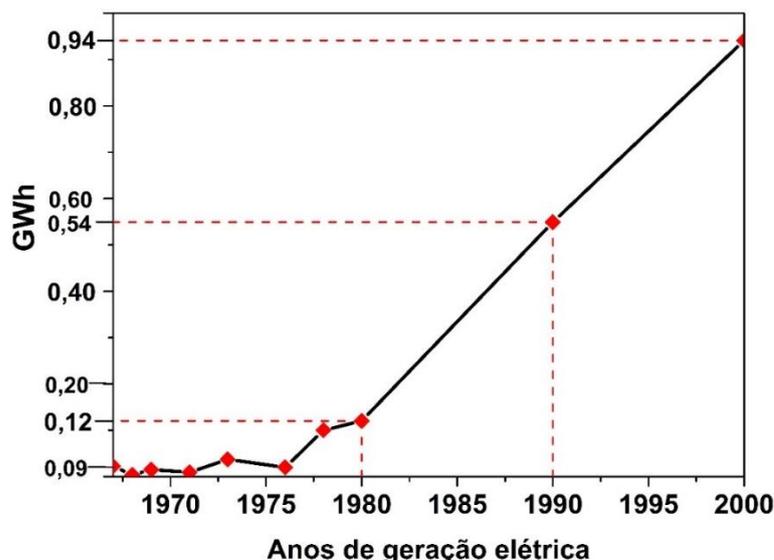


Figura 11: Evolução da série histórica de geração da energia elétrica em Manaus  
 Fonte: MANAUS ENERGIA S.A. 2000; 2001; 2002.

Os maiores consumidores de energia elétrica em Manaus pertencem à classe industrial representado pelo Pólo Industrial de Manaus (PIM), de acordo com o Balanço energético elaborado pela Manaus Energia S.A (2002), pelas empresas que exercem atividades eletrointensivas em suas unidades de produção.

A Figura 12 demonstra a distribuição da classe de consumidores, conforme a Manaus Energia S.A (2002), em que 84,8% das unidades consumidoras estão entre a Classe Industrial, Classe Residencial, Classe Comercial e, as demais classes consumidoras estão incluídas nos 15,2%, referente à classe de consumidor: Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Serviços Públicos e Consumo Próprio.

A Eletronorte é responsável pela produção de energia elétrica na região Amazônica e, no ano de 2001 a sua capacidade de geração esteve em 7,00 GW, com o consumo médio em torno de 4,00 GW, viabilizando infraestrutura energética necessária ao desenvolvimento dos estados que integram a Amazônia (ELETRONORTE, 2002).

A produção de energia elétrica em 2001, pelos produtores independentes de energia (PIE'S), correspondia a 64,30% de toda oferta de energia disponível pela concessionária MESA, com a finalidade de garantir o suprimento de eletricidade na cidade de Manaus.

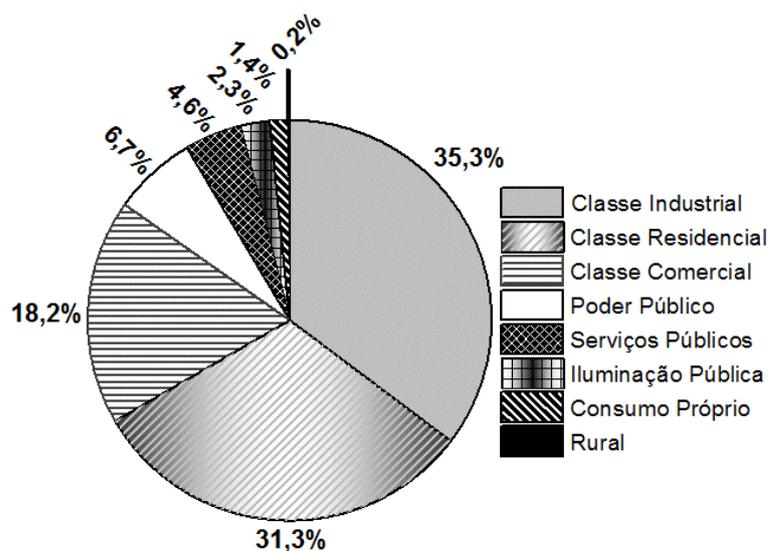


Figura 12: Classe de consumidores de energia elétrica em Manaus no ano de 2001  
 Fonte: Manaus Energia S.A, 2002

A versatilidade de repotenciação do sistema elétrico isolado, com a adição de novas termelétricas, a partir de novos contratos de produção de energia elétrica, é pertinente ao balanço de energia realizado pela MESA (2001) e ELETRONORTE (2002). A continuidade no suprimento de eletricidade manteve-se de forma flexível, além de proporcionar a inserção de novas alternativas tecnológicas de geração por fontes renováveis de energia, aumentando a capacidade de geração de suas usinas em operação.

A Figura 13 demonstra a produção de energia elétrica pela CEAM entre os anos de 1995 a 2001 para os 61 municípios do Estado do Amazonas, excetuando Manaus.

As sedes dos 61 municípios do interior do Estado do Amazonas e 33 comunidades isoladas eram supridas pela geração termelétrica pela CEAM em 2001, na modalidade de geração diesel-isolada, sem a conexão elétrica com a capital Manaus. Eram instaladas em cada município, e nas pequenas comunidades do Amazonas.

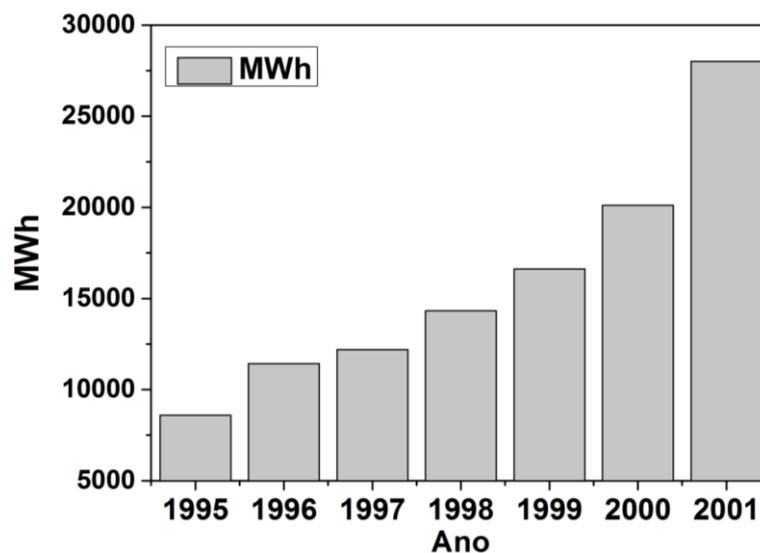


Figura 13: Produção total de energia elétrica no Estado do Amazonas pela CEAM  
 Fonte: BALANÇO DE ENERGIA ELÉTRICA MESA 2001; ELETRONORTE, 2000

## 2.10. A matriz da energia elétrica no Amazonas: contexto atual

A disponibilidade de energia elétrica do Estado do Amazonas tem apresentado problemas de suprimento na produção, distribuição e transmissão durante as últimas décadas. O sistema elétrico de toda cidade de Manaus é isolado e descentralizado em relação ao SIN (Sistema Interligado Nacional), incluindo a geração hidráulica pela usina hidrelétrica (UHE) de Balbina, conforme Eletronorte (2008) e De Paula (2015), predominando a geração termelétrica a óleo diesel e GN. A conexão com a malha elétrica nacional por meio do SIN ocorreu em 2012, garantindo a repotenciação no suprimento de energia elétrica para a RMM e ao PIM, com linhas de transmissão dupla de 500 kV, proveniente da subestação Tucuruí-Manaus.

O sistema elétrico local foi reestruturado com a adição de termelétricas a GN, como a usina termelétrica (UTE) Mauá 3, com capacidade instalada de 583 MW, abastecida pelo GN, proveniente da plataforma de Urucu, em Coari. A usina tem capacidade para atender mais da metade da demanda de energia elétrica consumida por Manaus e municípios conectados ao SIN como Iranduba, Manacapuru e Presidente Figueiredo. (ELETROBRAS AMAZONAS ENERGIA, 2013; DE PAULA, 2015). A evolução no consumo de energia elétrica da cidade de Manaus, conforme Eletrobras Amazonas Energia (2011), foi ocasionada pela acelerada expansão do Pólo Industrial de Manaus (PIM). As diversas soluções propostas e não concretizadas vêm progressivamente deteriorando o sistema elétrico de atendimento à RMM.

A execução dos estudos mais detalhados realizados pelo grupo de trabalho do sistema elétrico de Manaus (GTSEM) considera a evolução do sistema regional, diante das novas ofertas de energia, e a conexão com os novos equipamentos de interligação com o SIN, por meio da linha de transmissão em 500 kV Tucuruí – Macapá – Manaus. O conjunto de obras para a reestruturação do sistema elétrico da RMM é precípuo para a conexão elétrica pelo (SIN), além da implementação no reforço do sistema de transmissão e distribuição em 69 kV (ELETROBRAS, 2008; DE PAULA, 2015).

Os relatórios elaborados pela Eletrobras Amazonas Energia S.A apresentaram os diagnósticos para o Plano de Ação do GTSEM, conforme os instrumentos regulatórios da ANEEL (2008), identificando a urgência na expansão da oferta de energia elétrica, para a implementação de novos programas energéticos. O atendimento para o mercado consumidor priorizou a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica, juntamente com a ampliação do sistema elétrico da RMM (ELETROBRAS, 2006; 2008; DE PAULA, 2015).

A Figura 14 mostra o esquema do diagrama unifilar elétrico referente à configuração correspondente ao sistema elétrico da Capital do Estado do Amazonas, conforme a Manaus Energia S.A (ELETROBRAS, 2006; 2008; DE PAULA, 2015).

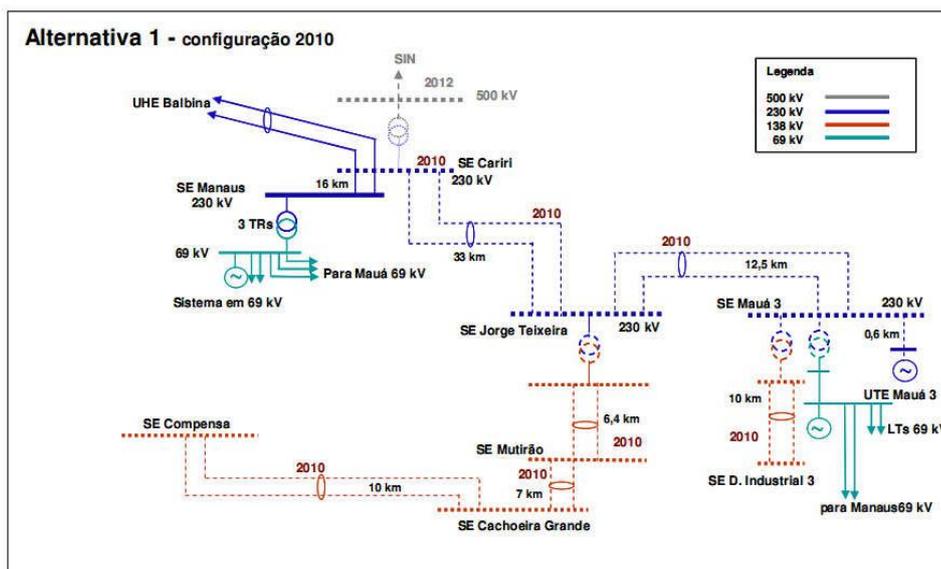


Figura 14: Configuração recomendada para o atendimento à Região RMM  
Fonte: ELETROBRAS, 2008 ; 2009 ; DE PAULA, 2015

O aumento na demanda máxima em MW dos anos de 2008 a 2012 em Manaus é mostrado pela Figura 15.

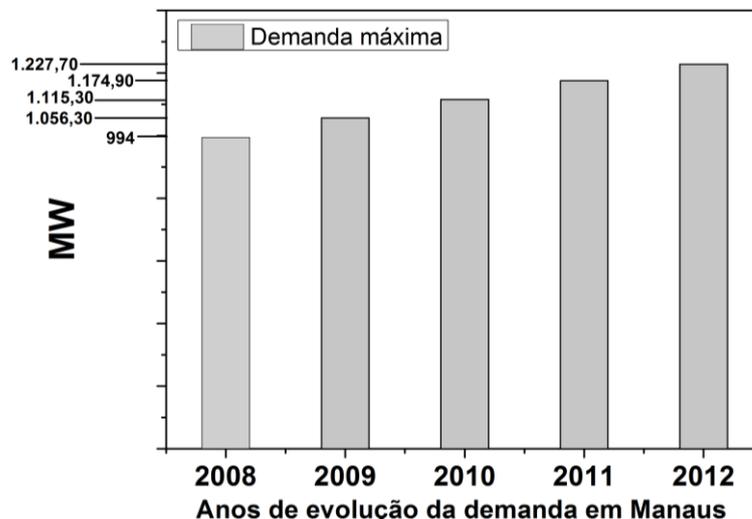


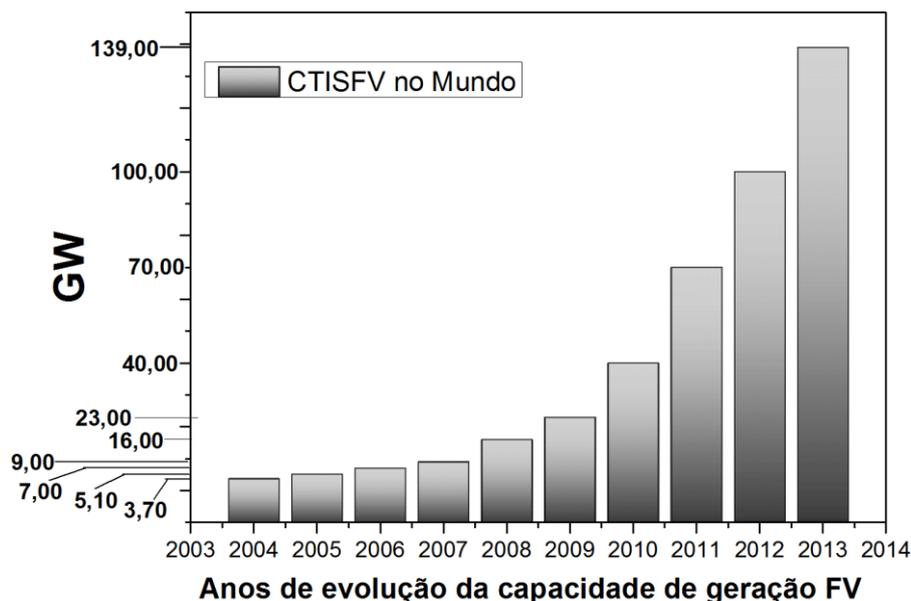
Figura 15: Demanda Máxima (DM) do município de Manaus em (MW)  
 Fonte: ELETROBRAS, 2008 ; 2009 ; DE PAULA, 2015

A principal meta do sistema Eletrobras Amazonas Energia é a criação de um sistema elétrico robusto de geração, transmissão e distribuição, com tensão superior a 69 kV, apresentando três alternativas de ampliação do sistema elétrico de distribuição, utilizando a tensão elétrica de 138 kV, alimentadas por subestações de transmissão em 230 kV ou 138 kV (ELETROBRAS 2008; 2009; DE PAULA, 2015).

O Plano de Expansão apresenta a solução para o problema de distribuição para a RMM, considerando o seu ponto de origem a subestação elétrica de Cariri 500/230 kV, distribui a energia elétrica para a RMM (ELETROBRAS, 2008; 2009; DE PAULA, 2015).

### 2.11. A contextualização da geração fotovoltaica na Amazônia

O esboço do roteiro para a tecnologia solar fotovoltaica descrito pela IEA (2010) prevê um crescimento da potência fotovoltaica em todo o mundo, incluindo os países da OCDE, da Ásia, seguida pela América Latina e África. A Figura 16 mostra o crescimento da capacidade total instalada de geração FV no mundo, a partir de 3,70 GW em 2004, 70 GW em 2011 e 139 GW em 2013 com a inserção da China e Índia, como potências globais em tecnologias FV que continuarão influenciando os mercados mais importantes nas próximas décadas (IEA, 2010; REN, 2014).



**Anos de evolução da capacidade de geração FV**  
 Figura 16: Capacidade total instalada de geração solar fotovoltaica no mundo  
 Fonte: (adaptado REN, 2014)

O potencial fotovoltaico para geração distribuída é importante para os países em desenvolvimento da América Latina e África, onde estas regiões do mundo estão se tornando a médio e longo prazo mercados significativos para a geração fotovoltaica. O Brasil é um país líder no uso de sistemas fotovoltaicos para eletrificação rural, desempenhando um papel relevante para a elaboração em tecnologias fotoelétrica (IEA, 2010).

O panorama para as principais aplicações da tecnologia fotovoltaica no Brasil é em telecomunicações, por meio de estações repetidoras em microondas e eletrificação rural para bombeamento de água e iluminação pública, em comunidades rurais de baixa renda. Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede ainda estão em fase experimental, com uma potência instalada 22 kWp (IEA, 2010).

O cenário energético na Amazônia enfoca as comunidades remotas, comunidades isoladas e residências isoladas, que inclui um grupo da população excluída dos serviços energéticos modernos, pelo acesso à eletricidade pela rede convencional. A necessidade por energia elétrica, para Gómez e Silveira (2012), é realizada de forma autônoma pelas comunidades locais com melhores condições financeiras, implementando soluções para a exclusão energética por meio da obtenção e manutenção de pequenos grupos geradores, com uma faixa de potência entre 10 a 66 kW.

A comercialização desta energia, por parte de alguns proprietários de geradores para os bairros mais pobres, não possui aportes financeiros para a obtenção, manutenção de combustíveis e peças para os geradores acionados por motores de combustão interna a gasolina ou diesel. Esta informalidade provoca problemas para as próprias comunidades, como a prática abusiva do ágio, pela cobrança de preços elevados da energia elétrica, gerada de forma autônoma pela própria comunidade, além dos riscos e impactos ao meio ambiente (GÓMEZ e SILVEIRA, 2010; 2012).

O fornecimento de energia, disponibilizado pelos pequenos geradores a gasolina ou diesel é intermitente e não garante o suprimento de eletricidade em regime contínuo. A parcela ainda mais pobre dos habitantes destas comunidades, impossibilitados pela falta de recursos monetários, busca alternativas de acesso à energia elétrica recorrendo a opções energéticas dispendiosas e de menor confiabilidade, como o uso de velas, lampiões, pilhas secas e baterias automotivas, que são alugadas e transportadas por longas distâncias para alimentar lâmpadas e pequenos aparelhos eletrodomésticos (SCHMID e HOFFMANN, 2004; GÓMEZ e SILVEIRA, 2010; 2012).

O acesso deficiente aos serviços energéticos modernos proporciona um baixo nível de conforto e qualidade de vida, se comparado à energia elétrica disponível pela rede convencional, o que cria uma forte dependência inter-regional, prejudicando o desenvolvimento da comunidade isolada (SCHMID e HOFFMANN, 2004).

Entre as tecnologias de energias renováveis, os sistemas fotovoltaicos são frequentemente adotados em pequenas comunidades e residências rurais isoladas para prover iluminação elétrica e na implementação do suprimento de água potável. No Brasil, o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM) foi pioneiro e responsável pela eletrificação rural (SCHMID; HOFFMANN, 2004; GÓMEZ e SILVEIRA 2010).

A finalidade do PRODEEM foi de encorajar o acesso à eletrificação rural para localidades remotas desassistidas pela rede elétrica convencional, proporcionando a evolução na qualidade de vida local. O critério estabelecido, conforme descrito por Schmid e Hoffmann (2004), visava o crescimento das unidades consumidoras das comunidades isoladas, com o objetivo específico de alcançar a conexão com a rede elétrica convencional.

A tendência inicial da eletrificação rural pelo PRODEEM teve como meta a instalação de arranjos combinados com equipamentos de geração fotovoltaica e óleo diesel, configurando a geração por sistema híbrido, aliado às vantagens de ambas as tecnologias, por terem menores custos de geração, maior qualidade e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica. Os subsídios da conta consumo de combustíveis fósseis destinam-se para o óleo diesel na geração de energia elétrica em sistemas isolados, com a possibilidade de ser sub-rogado para fontes alternativas de energia, de forma que empresas de energia possam reembolsar até 75% do investimento (SCHMID e HOFFMANN, 2004; ROSA, 2007; GÓMEZ e SILVEIRA, 2010).

O mercado para implementação de sistemas fotovoltaicos no Brasil estabelece uma vantagem singular, pois exige menor esforço na capacitação de capital social, por se tratar da montagem de equipamentos pré-fabricados de forma modular, inseridos no contexto da eletrificação rural, excluindo-se a conexão elétrica pela rede convencional (SCHMID e HOFFMANN, 2004).

Em 1995, o PRODEEM foi lançado e atingiu aproximadamente 9.000 sistemas fotovoltaicos, que foram instalados no período de 1996 a 2001, totalizando uma potência instalada de 6 MWp. A etiquetagem dos módulos e sistemas de geração fotovoltaica foi lançada em 2003, pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), para garantir a qualidade dos equipamentos adquiridos e instalados. O sistema de etiquetagem em 2008 era feito de forma voluntária certificando os módulos fotovoltaicos, controladores de carga, inversores e baterias (SCHMID; HOFFMANN, 2004; GÓMEZ e SILVEIRA, 2010).

O mercado brasileiro de tecnologia fotovoltaica é dominado por multinacionais. No entanto, com o apoio do governo, o Centro Brasileiro para o Desenvolvimento da Energia Solar fotovoltaica (CB - Solar), criado em 2004, desenvolveu uma planta piloto para a fabricação de módulos fotovoltaicos e células solares de silício em escala, com a viabilização dos custos de fabricação (IEA, 2010).

A justificação pela opção de introdução da tecnologia de geração fotovoltaica para as comunidades isoladas na Amazônia, conforme Schmid e Hoffmann (2004), adotou os critérios estabelecidos pelo PRODEEM, baseados na experiência de projetos-piloto, bem como dos programas de governo que utilizam a energia solar em eletrificação

rural e os seguintes requisitos técnicos da engenharia de conversão e segurança energética (SCHMID e HOFFMANN, 2004; IEA, 2010).

## 2.12. As condições meteorológicas do sistema autônomo de geração FV na comunidade isolada de Sobrado/AM

Um dos elementos essenciais para os sistemas FV de geração são as condições meteorológicas, por meio da irradiação média no plano horizontal, demonstrada por Gómez e Silveira (2012); García-Valverde *et al.* (2009) e Peng *et al.* (2013), com aproximadamente 5.500 kWh/m<sup>2</sup>/ano, especialmente para as regiões que apresentam uma baixa variabilidade intersazonal entre as estações chuvosas com baixa nebulosidade, o que torna a energia solar adequada para efeitos de aplicação em geração autônoma em sistemas descentralizados para as comunidades isoladas.

A precipitação, nebulosidade e horas de insolação em Manaus têm uma grande influência sobre a geração FV, como pode ser observado na descrição pluviométrica, mostrada pelo Instituto Nacional de Meteorologia na Figura 17, descrevendo a precipitação mensal acumulada (INMET, 2015).

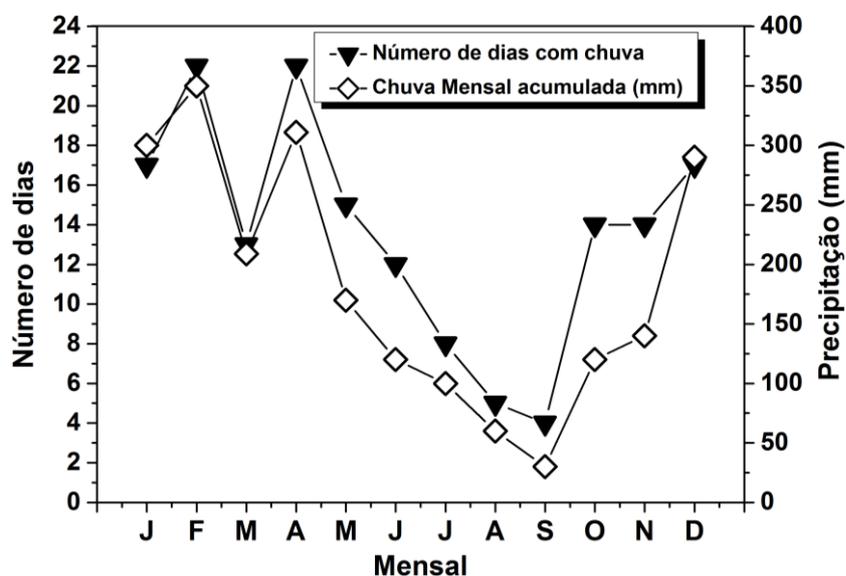


Figura 17: Número de dias com chuva e precipitação acumulada mensal em 2014  
Fonte: INMET, 2015

Observa-se que, de janeiro a março, o índice pluviométrico varia de 210 milímetros a 340 mm, com 18 para 14 dias com chuva. E, a partir dos meses de abril a agosto, há uma diminuição de 310 mm para 60 mm no índice de pluviosidade, com uma redução

de 18 para 4 dias com chuva. E, para os de setembro a dezembro, o aumento da precipitação é de 80 milímetros a 230 milímetros, com 3 a 18 dias com chuva (INMET, 2015).

O perfil sazonal de nebulosidade para a geração FV é mostrado pela Figura 18.

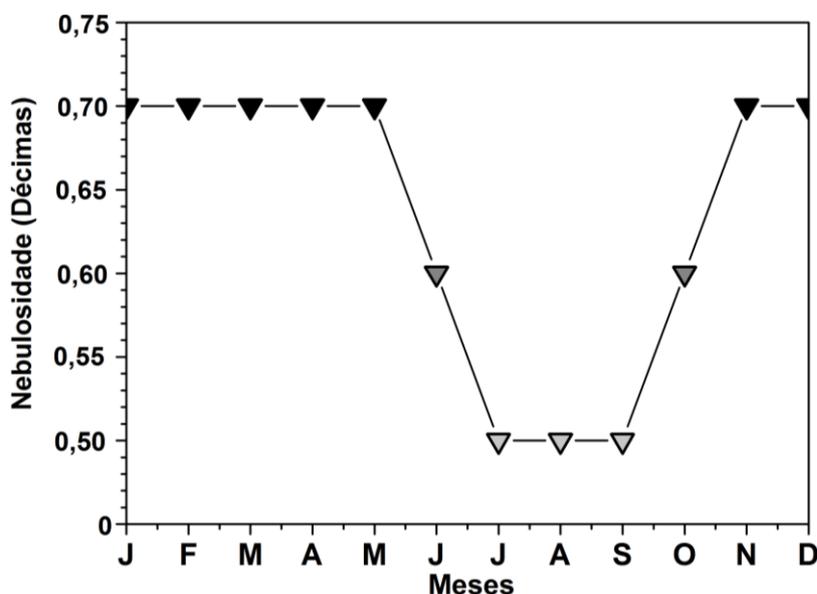


Figura 18: Perfil da nebulosidade em Manaus 2014  
Fonte: INMET, 2015

As curvas climatológicas normais de nebulosidade, descritas em décimas. A projeção de nebulosidade entre os meses de janeiro a maio permanece constante em 0,70 décimas, pela redução na espessura das nuvens de 0,70 a 0,60 décimas entre os meses de maio a junho, prosseguindo para os meses de junho a julho com a redução de 0,60 a 0,50, permanecendo constante em 0,50 décimas para os meses de julho, agosto e setembro (INMET, 2015).

A projeção no crescimento da nebulosidade é iniciada em setembro até o mês de outubro, permanecendo constante em 0,70 para os meses de novembro e dezembro. Desta forma, a espessura da cobertura de nuvens segue o regime das chuvas, reduzindo a sua espessura em julho, agosto e setembro, de acordo com a projeção da INMET para o ano de 2014, demonstrando que os meses mais favoráveis para a geração fotovoltaica para o Estado do Amazonas são a partir de julho, agosto e setembro, devido à ausência de nebulosidade (INMET, 2015).

A viabilidade climatológica para a geração FV é mostrada pela Figura 19.

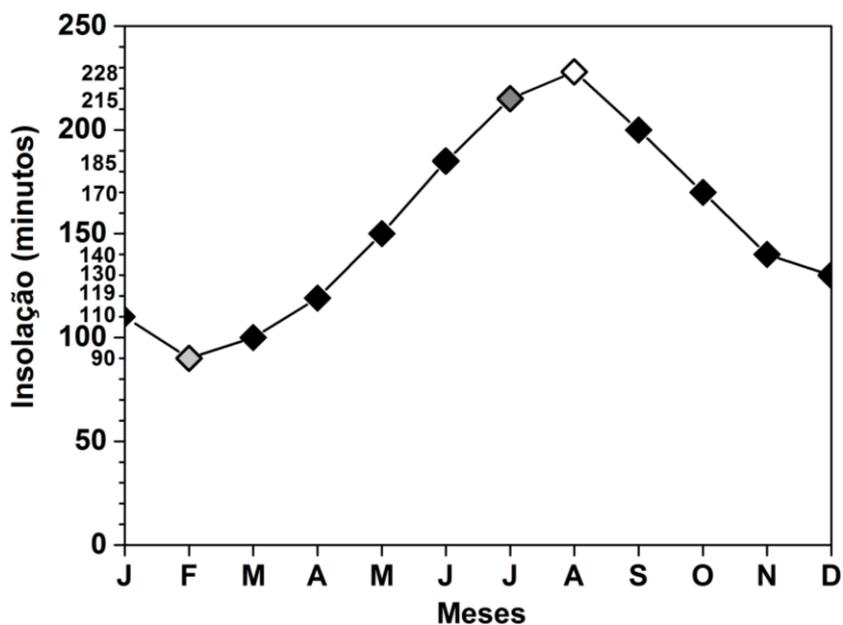


Figura 19: Perfil do tempo de insolação para Manaus em 2014  
Fonte: INMET, 2015

Neste há o gráfico de insolação, no município de Manaus em 2014, pelas curvas normais climatológicas, referentes ao tempo de duração da insolação em minutos. O aumento da insolação é observado pelo tempo de insolação, com a duração de 230 minutos, a partir do mês de agosto, atingindo o valor máximo de insolação, equivalente a quatro horas de insolação diária, de acordo com INMET (2015), em que o perfil do tempo de insolação acresce a partir do mês de março com 100 minutos, atingindo o seu ápice no mês de agosto com 228 minutos e decrescendo em setembro de 200 minutos para 90 minutos em fevereiro, proporcionando maior disponibilidade de tempo para a geração FV (INMET, 2015).

Os dados climáticos foram estimados pelas horas de insolação entre os meses de janeiro a dezembro de 2014, obtendo o valor de (5,50 horas), referentes a média anual das horas de insolação, com os meses mais significativos de agosto com (6,95 horas) e setembro com (7,14 horas), definindo a cidade de Manaus como a localização mais próxima do município de Novo Airão, resultando na média mensal e anual das horas de insolação, mostrados pela Figura 20, conforme o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito (CRESESB, 2015).

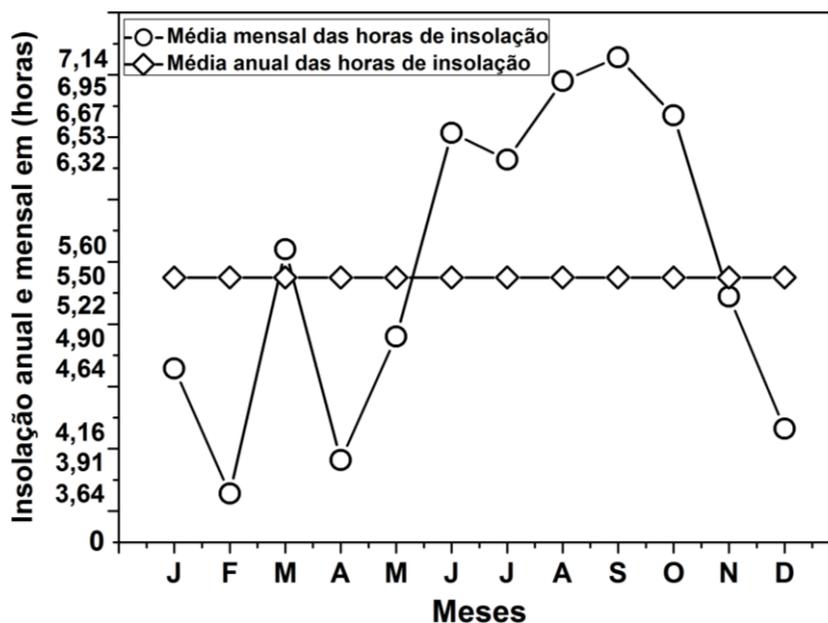
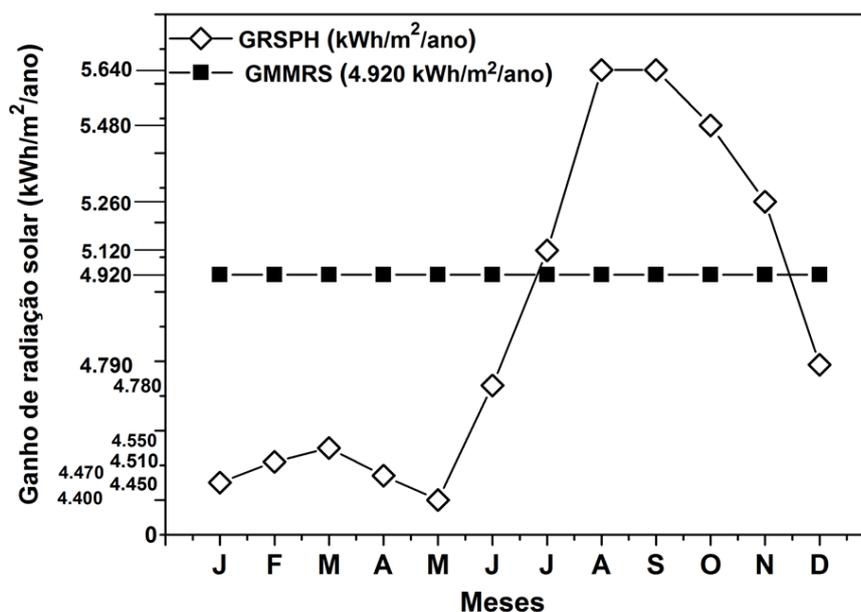


Figura 20: Média de horas de insolação disponíveis em Manaus em 2014  
Fonte: INMET, 2015

O Atlas brasileiro de energia solar, em seu mapa solarimétrico, considera a média anual total diária de irradiação solar global incidente no território brasileiro e demonstra as faixas de irradiação média anual para qualquer região do território brasileiro entre 4.200 a 6.700 kWh/m<sup>2</sup>/ano. Em comparação com a maioria dos países da União Europeia, como a Alemanha, com uma faixa entre 900 a 1.250 kWh/m<sup>2</sup>/ano, a França entre 900 a 1.650 kWh/m<sup>2</sup>/ano e para Espanha entre 1.200 a 1.850 kWh/m<sup>2</sup>/ano e o valor da irradiação anual obtido para região sudeste da Espanha em Murcia, no estudo de caso proposto por García-Valverde *et al.* (2009); Becalli *et al.* (2014), tem-se 1.932 kWh/m<sup>2</sup>/ano, demonstrando um acréscimo 4,20% para a irradiação média anual.

A Figura 21 mostra o crescimento sazonal do ganho da radiação solar em Manaus, pela oferta no ganho da radiação solar destaca-se a partir do mês de julho, com uma média de 5.120 kWh/m<sup>2</sup>/ano, com ganho máximo de radiação no plano horizontal para o mês de setembro, com uma média de 5.640 kWh/m<sup>2</sup>/ano (CRESESB, 2015).

A diminuição no ganho da radiação solar ocorre a partir do mês de outubro, devido à proximidade da estação das chuvas e o aumento na espessura das nuvens (CRESESB, 2015).



GRSPH: Ganho de Radiação Solar no Plano Horizontal (kWh/m<sup>2</sup>/ano)  
 GMMRS: Ganho Médio Mensal de Radiação Solar (4.920 kWh/m<sup>2</sup>/ano)

Figura 21: Ganho de Radiação Solar em Manaus 2014

Fonte: CRESESB, 2015

A irradiação média anual para o Estado do Amazonas, na cidade de Manaus, é demonstrada por Pereira *et al.* (2006), conforme a escala solarimétrica do Atlas brasileiro de energia solar para uma faixa de: 4.790 a 5.120 kWh/m<sup>2</sup>/ano, e confirmados pelos dados obtidos, para uma média anual de radiação  $H_i = 4.920$  kWh/m<sup>2</sup>/ano (CRESESB, 2015).

A geração por meio do uso de sistemas fotovoltaicos no Estado do Amazonas iniciou-se a partir da inserção do arranjo fotovoltaico à planta de geração diesel já existente, configurando-se em um sistema híbrido de geração diesel-fotovoltaico, localizada em Vila Campinas, a 53 km da sede do município de Manacapuru e a 83 km da cidade de Manaus. O projeto foi concebido no ano de 1994, por meio de parceria entre o Brasil e os Estados Unidos da América (PINHO *et al.*, 2008).

### 2.13. Abrangência contextual da Avaliação do Ciclo de Vida e Avaliação Social do Ciclo de Vida

A concepção de sustentabilidade para a ACV e ASCV é demonstrada por Elkington (1999), Chiu e Chu (2012), pela inclusão dos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Este conceito também é conhecido como (*Triple Bottom Line – TBL*), mostrado na Figura 22, em que a inclusão do lucro, planeta, e pessoas são

consideradas pelo presente estudo, com a inserção da avaliação ambiental do ciclo de vida e a comunidade isolada como o grupo de análise do *TBL*.

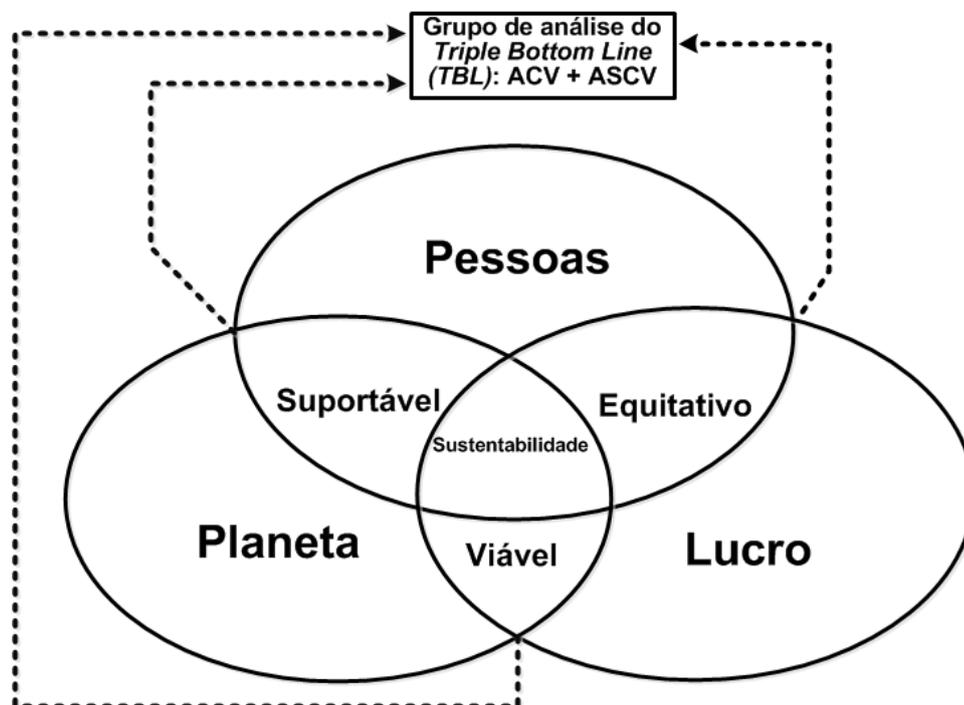


Figura 22: Concepção do Triple Bottom Line  
Fonte : Elkington, 1998; Chiu e Chu 2012

A ACV inclui a totalidade das etapas do produto, processo ou atividade, a partir da extração, processamento de matérias-primas, fabricação, transporte e distribuição, uso e reuso, manutenção, reciclagem, reutilização e a disposição final, de acordo com a SETAC (1993). A informação sobre os impactos ambientais de produtos ao longo de seu ciclo de vida é fornecida em conformidade com a ISO 14040 (2006) e 14044 (2006) e realizada pela ACV. A Avaliação Social do Ciclo de Vida (ASCV) tem a função de otimizar os desempenhos sociais das empresas e instituições envolvidas nas atividades engajadas no ciclo de vida dos produtos (UNEP-SETAC, 2009; 2013).

O contexto da sustentabilidade é demonstrado pelos resultados de uma avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida, que tem motivado o uso combinado de ferramentas, com objetivo de determinar em que medida um produto é mais sustentável do que o outro. No entanto, de acordo com Jorgensen *et al.* (2010), identificar qual produto é melhor do que o outro, demandando uma tomada de decisões por meio da aplicação de ferramentas da avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida.

As aplicações previstas na ACV e ASCV incluem mais do que a comparação entre produtos. Assim, destacam a importância entre os diferentes contextos em que as ferramentas da avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida são usadas para garantir o seu âmbito de aplicação, levando em consideração o seu desenvolvimento (FINNVEDEN *et al.* 2009).

A discussão sobre a perspectiva do ciclo de vida é importante para avançar em direção a uma produção e consumo sustentáveis (PCS). A pertinência da perspectiva do ciclo de vida é referenciada pelo Quadro Decenal dos Programas da Produção e Consumo Sustentáveis (UNDESA e UNEP, 2010), envolvendo a Política Europeia Integrada de Produtos (CEC, 2001; 2003), pelo uso das ferramentas de avaliação da sustentabilidade do ciclo de vida, demonstrado por Klöpffer (2003) e UNEP-SETAC (2009; 2011).

A perspectiva do ciclo de vida (*Life Cycle Perspective - LCP*) consiste na aplicação das ferramentas da ACV, em que o seu foco de atuação concentra-se no produto, conforme Finnveden *et al.* (2009). O seu objetivo é esclarecer o valor acrescentado a uma perspectiva de reflexão sobre o ciclo de vida (*Life Cycle Thinking - LCT*), na produção e consumo sustentáveis. O papel da ASCV enfatiza a transição para uma produção mais sustentável nos padrões de produção e consumo (P&C), questionando a sua relevância na reflexão do ciclo de vida nesta função.

A reflexão do ciclo de vida exerce a influência sobre a avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida, modificando os padrões de produção e consumo, definindo as tomadas de decisões e ações para atingir com maior eficácia os objetivos da produção e consumo sustentáveis. As aplicações da ASCV correspondem às ações que têm de ser tomadas na transição para a produção e consumo sustentáveis, fundamentado teoricamente na literatura sobre produção e consumo sustentáveis e na avaliação social do ciclo de vida (ZAMAGNI *et al.*, 2013).

A trajetória teórica ocorre pelas aplicações sobre a ASCV, pois de acordo com Swarr *et al.* (2013) é explicitada no âmbito da produção e consumo sustentáveis, em que a reflexão do ciclo de vida será empregada nos mais diferentes contextos em relação às aplicações identificadas anteriormente, sendo questionada por uma abordagem qualitativa, com o uso de uma análise discursiva, na forma de narrativa.

A pertinência no desenvolvimento da ASCV considera a aplicação da ferramenta a ser usada no contexto da PCS. O objetivo principal é nutrir o desenvolvimento da ASCV. No entanto, a reflexão dos diferentes papéis atribuída à ACV, na produção e consumos sustentáveis, é destacada nestas funções relevantes para a *LCT*. A primeira função orienta a nossa reflexão sobre um campo próximo, embora raramente explicitado, porém mais conhecido, cuja referência encontra-se no papel da ACV na PCS e sua relevância para a *LCT* (PARENT *et al.* 2013).

#### **2.14. Aplicações da ACV e ASCV no contexto da Produção e Consumo Sustentáveis**

O marco histórico da avaliação social do ciclo de vida foi problematizado na Cúpula da Terra, realizada em 1992 no Rio de Janeiro, assim como no relatório *Brundtland*, publicado em 1987, pelas Nações Unidas, e constituíram as bases para a *ECO-92*, estabelecendo novos paradigmas para a produção e consumo (P&C), em que se reconheceu a importância do meio ambiente para a transição de um desenvolvimento sustentável, incluindo a contribuição da Rio +20 direcionadas para a produção e consumo sustentáveis (VALDIVIA *et al.*, 2013).

A importância da produção e consumo sustentáveis foi recomendada em 2002, no plano de execução de *Joanesburgo*, identificando a PCS como objetivo para se alcançar uma condição indispensável de desenvolvimento sustentável, de acordo com a ONU (2002). Para uma transição mais sustentável de produção e consumo, as ações devem ser tomadas para mudar o curso dos padrões reais de produção e consumo (VALDIVIA *et al.*, 2013).

A avaliação do ciclo de vida e a avaliação social do ciclo de vida podem fornecer informações para apoiar o planejamento estratégico ou posicionar um produto no mercado, com base em seus desempenhos ambientais e sociais satisfatórios, pelas aplicações que envolvam mudanças nas práticas, ou seja, a partir das modificações dos padrões de produção e consumo, em consonância com os objetivos da produção e consumo sustentáveis. A premissa é que os padrões atuais de P&C não sustentáveis sejam superados por meio dos esforços internacionais mobilizados para alcançar a PCS (VALDIVIA *et al.*, 2013).

A conceituação sobre a PCS, dependem do cumprimento dos objetivos para a transição da ecoeficiência para a suficiência. No entanto, é reconhecido pelo seu objetivo da ecoeficiência. Além disso, a definição aceita pelas Nações Unidas concorda com a PCS, e é similar à definição reconhecida pelo Conselho Empresarial Mundial para o desenvolvimento sustentável, fundamentado na necessidade de continuidade pela ecoeficiência (VALDIVIA *et al.*, 2013).

As definições incluem o uso de serviços e produtos que correspondam às necessidades básicas para uma melhor qualidade de vida, minimizando o uso de recursos naturais e materiais tóxicos, bem como as emissões de resíduos e de poluentes durante o ciclo de vida, de maneira a não pôr em risco as necessidades das gerações futuras. Isso, para que os bens de consumo sejam elaborados a partir de preços competitivos e serviços que satisfaçam as necessidades humanas, proporcionando qualidade de vida, reduzindo progressivamente os impactos ecológicos. Além disso, a intensidade na extração dos recursos naturais deve ser progressivamente minimizada ao longo do ciclo de vida, considerando o cálculo da capacidade de carga para recursos naturais em um nível menor na linha da terra, conforme a definição adotada pela *World Business Council for Sustainable Development – (WBCSD, 2000)*.

As definições baseadas no objetivo ambiental do PCS, devem reduzir as absorções pelo ambiente e as emissões para o meio ambiente, em conformidade com os fluxos elementares em nível de produto. Isso significa que os impactos ambientais têm que ser reduzidos simultaneamente, cumprindo a função ou serviço prestado pelos produtos. Tal condição pode ser conseguida pela substituição de materiais ou fontes de energia, desmaterialização de um produto ou um serviço, otimização das técnicas no processo de fabricação e da cadeia de suprimentos, além de outras estratégias relacionadas com o projeto ambiental, conhecidos como *eco-design* (HAUSCHILD *et al.*, 2005).

As intervenções físicas visam reduzir o nível de produção dos processos desnecessários, ou seja, produzir insumos que são substituídos ou evitados por meio da desmaterialização de processos, aumentando a economia pela substituição de

processos em nível de produção. O objetivo ambiental é mostrado pelo esverdeamento da economia (Figura 23) (UNEP/SETAC, 2011a; UNEP, 2011b).

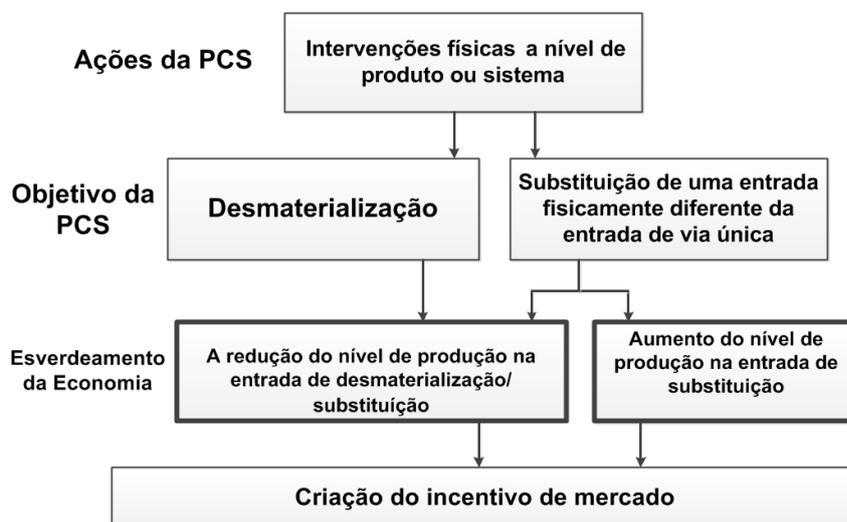


Figura 23: Percurso teórico entre ações da PCS  
Fonte: UNEP/SETAC, 2011a; UNEP, 2011b

O ponto de vista ambiental é intervir em nível do produto a fim de alcançar a certificação de produtos verdes (*green products*). Ou seja, os sistemas para os diferentes produtos são requeridos para realizar um determinado serviço, resultando na redução dos impactos ambientais em nível macro, pela mudança nos níveis de produção, com a certificação necessária para as economias verdes (*greens the economy*), na mesma proporção entre produtos produzidos e consumidos (UNEP/SETAC, 2011a; UNEP, 2011b).

As mudanças em nível de produção podem também criar um incentivo de mercado para os produtores, pela substituição na produção de insumos, reforçando o “esverdeamento” da economia. Uma variedade de fatores pode influenciar os produtores a intervirem a nível de produto (MAXWELL e SHEATE, 2006).

A política integrada para os produtos europeus enfatiza a necessidade de trabalhar com o mercado, e destaca a ecoetiquetagem e a internalização dos custos ambientais, influenciados pelos impactos ambientais, provocando mudanças no ciclo de vida e incidindo no preço dos produtos (CEC, 2003).

A criação de um incentivo de mercado para as intervenções físicas a nível de produto, aumentaria a demanda por produtos mais verdes, pelo incentivo do preço. A demanda

para produtos verdes seria reforçada pelo incentivo motivado pelo preço, aliada às estratégias de pressão por pares, como educação e conscientização ambiental. Assim atuam como fatores modificadores de valores e prioridades dos consumidores, a partir da ecoetiquetagem, com a certificação de produtos verdes com maior eficiência, no processo de produção com menor inventário de matérias primas e emissões, menor consumo de energia, no período de uso do produto e conduzindo os consumidores para a compra de produtos mais ecológicos (PARENT *et al.*, 2013).

Essa ação requer que o sinal adequado seja enviado para o mercado, a fim de incentivar os preços por meio de intervenções que reduzam os impactos ambientais de uma determinada função. Os impactos ambientais são monetizados ou os impactos ambientais são apresentados aos consumidores, de modo que podem escolher os produtos que demandem por menores impactos ao meio ambiente (VALDIVIA *et al.*, 2013).

Em ambos os casos, os impactos ambientais têm sido o objetivo da produção e consumo sustentáveis a serem alcançados, usando as forças do mercado, de modo que Para isso, duas ações principais são necessárias (PARENT *et al.*, 2010):

- I. As intervenções físicas no nível do produto ou sistema, a partir da identificação de informações adequadas fornecidas aos consumidores, promovendo intervenções físicas na aquisição de produtos mediadas pelo *eco-design*;
- II. A existência de uma regulamentação jurídica, exigindo a determinação dos processos de *eco-design*, concentrando se no incentivo de puxar o mercado de *eco-design*.

A normatização ambiental, prevista pela ISO 14040 (2006), é aplicada à ACV a partir da integração dos aspectos ambientais, na concepção e desenvolvimento para o projeto ambiental (*design for environment*) do produto. A ACV pode apoiar a concepção ecológica na identificação das áreas de intervenção antes do processo de *eco-design*, pela identificação dos aspectos ambientais significativos dos produtos e serviços de uma organização por meio da ISO 14040 (2006), comparando as opções de design, envolvendo materiais, tecnologias, e localização de processos (REBITZER *et al.*, 2004).

Algumas aplicações da ACV pela ISO 14040 (2006) referem-se à ação de informar os consumidores pela etiqueta de discriminação e declaração ambiental, em que comunicação ambiental possibilita intensificar, o emprego das estratégias de *marketing*. O papel da ACV e as suas aplicações possibilitam identificar os critérios que não devem ser omitidos quando o suprimento de informações não é adequadamente registrado. Assim usa-se a ACV para proporcionar a identificação das etapas do ciclo de vida e os impactos ambientais que devem ser documentados para uma categoria específica de produto a partir da ISO 14024 (1999), ou fornecer o perfil ambiental de um produto durante seu ciclo de vida pelo emprego da ISO 14025 (2006) (SPILLEMAECKERS *et al.*, 2004).

Em ambos os casos, ACV suporta a prestação de informações aos consumidores para que os impactos não sejam omitidos. A relevância da Reflexão do Ciclo de Vida consiste em discutir as diferentes aplicações da ACV, com o objetivo de alcançar uma redução dos impactos ambientais pelos produtos (ZAMAGNI *et al.*, 2013).

### **2.15. Produção e Consumo socialmente sustentáveis**

A dimensão social do desenvolvimento sustentável é pouco discutida no contexto da PCS. Um objetivo é de destacar a definição realizada pelas Nações Unidas sobre a PCS, que consiste na prestação de serviços e produtos relacionados que respondam as necessidades básicas e tragam uma melhor qualidade de vida (NORRIS, 2006).

A ISO 14040 (2006) recomenda a inclusão dos aspectos ambientais nas normas do produto, quantificação, monitoramento, relatórios da entidade, projeto de emissões, remoções, validação, verificação e certificação de emissões para GEE. Além disso, outros aplicativos são frequentemente encontrados na literatura sobre a ACV, associado aos processos analíticos do planejamento estratégico e na elaboração de políticas (REBITZER *et al.*, 2004).

Essas ações, no entanto, precisam ser ainda mais definidas para determinar como elas oferecem suporte à produção e consumo sustentáveis, e aos impactos ambientais, delimitadas pela ACV. A avaliação do ciclo de vida pode ter como efeito a não avaliação de todos os possíveis impactos ambientais, não considerando os efeitos induzidos fora do sistema de ciclo de vida do produto, na sua forma de atribuição, ou

seja, pela aquisição de um produto pela compra ou pela intervenção física com base na ACV, omitindo os impactos por estarem fora do escopo desta ferramenta (PARENT *et al.*, 2010).

A ASCV, na fase do seu desenvolvimento, avalia o impacto social entre a relação dos produtos sobre as pessoas ou para a sociedade que deseja consumi-los. No entanto, outros objetivos sociais devem estar associados à produção e consumo sustentáveis, como a melhoria das condições sociais vinculadas ao ciclo de vida de um produto (REITINGER *et al.*, 2011).

Por meio dessas orientações, essas condições sociais podem ser afetadas pelos comportamentos das empresas, processos socioeconômicos e impactos sobre o capital social. A ASCV está parcialmente enraizada no campo da Responsabilidade Social das Empresas (RSE), sendo reconhecida na literatura sobre a ASCV, quando as condições sociais são afetadas pelos comportamentos das empresas (MACOMBE *et al.*, 2010; ZAMAGNI, 2012). Um dos objetivos sociais da PCS é melhorar as condições sociais das partes interessadas, por meio da melhoria do comportamento das empresas, assim como a sua aplicabilidade como exemplo, para as comunidades locais como Sobrado/AM.

A RSE oferece estruturas políticas diferenciadas demonstradas pela *United Nations Global Compact*, ou pelas diretrizes de sustentabilidade por meio do Relatório de Iniciativa Global (*Global Reporting Initiative*), uma vez que fornece princípios orientadores para as empresas (GRI, 2005).

Os métodos adotados pela ASCV pelas empresas são os pontos de referência no desempenho, com a finalidade de avaliar uma empresa, de acordo com os princípios (ou normas sociais), na medida em que as empresas estão cumprindo os métodos da ASCV, conforme Parent *et al.* (2010) e UNEP-SETAC (2009).

O uso combinado da ASCV mais o PRP é reconhecido como *Social Life Cycle Assessment - SLCA + Performance Reference Points – PRP*, em que as organizações melhoram as condições sociais das partes interessadas. E o primeiro curso da ação é a adequação do comportamento ao conjunto de princípios prescritos da empresa. A intervenção física em nível de produto ocorre pela ação final empregada para

promover os objetivos ambientais da PCS, modificando o comportamento das empresas para que estejam em consonância com as normas sociais reconhecidas, juntamente com a ação final para atingir esse objetivo social do PCS (ZAMAGNI *et al.*, 2013).

O Relatório de Iniciativa Global não fornece orientação sobre como se comportar, mas prescreve temas que devem ser relatados sobre as áreas de preocupação em que as empresas são consideradas responsáveis e de como devem agir perante as expectativas da sociedade. O comportamento das empresas às normas sociais é demonstrado, de acordo com Jorgensen *et al.* (2012) e Clift *et al.* (2012), como um meio para melhorar a condição social das partes interessadas.

A finalidade da reflexão do ciclo de vida (RCV) sobre a ASCV atua como uma ferramenta de apoio na PCS pela suposição implícita da ASCV-PRP, em conformidade com a melhoria das condições sociais das partes interessadas (CLIFT *et al.*, 2012).

As diretrizes da ASCV, de acordo com a *UNEP-SETAC* (2009; 2011), enfatizam as ações que potencializam a aprendizagem e a identificação dos pontos de acesso sociais (*hotspot*), similar à ACV, empenhadas em reduzir os potenciais impactos negativos e os riscos no desenvolvimento de produtos impactantes ao meio ambiente, assim como pela substituição da cadeia de suprimento, estabelecendo procedimentos ou especificações, *marketing*, comunicação e etiquetagem, planejamento estratégico ou desenvolvimento de políticas públicas (CLIFT *et al.*, 2012).

A característica da ASCV é a aprendizagem e a identificação dos pontos de acesso sociais, com o objetivo de apoiar as ações que modifiquem os padrões P&C. Os melhores resultados para se alcançarem os objetivos da ASCV podem ser obtidos pelo uso da análise *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) com a finalidade de detectar ameaças ou oportunidades nas unidades funcionais, em que ocorrem as situações problemas em relação a um tema social de interesse que esteja sendo desenvolvido pela ASCV (JORGENSEN *et al.* 2012).

A coerência na utilização dos conceitos da ACV e ASCV sugere o uso de uma definição aderente aos *hotspots* como elementos internos do sistema, conforme

Thomassen *et al.* (2008a), que contribuam a uma determinada categoria de impacto pela identificação dos pontos sociais de acesso, definindo como áreas, em que uma melhoria é necessária para se alcançar o objetivo social para obtenção de uma PCS, entendida como reforço comportamental para as empresas (ZAMAGNI, 2012).

A redução relativa dos potenciais impactos negativos e os riscos por meio do desenvolvimento de um produto, conforme Thomassen *et al.* (2008b), reflete uma relatividade referente às intervenções físicas em nível de produto. No entanto, não gera a necessidade de modificar fisicamente um produto, de modo que o objetivo é modificar comportamentos das empresas. Há alguns impactos sociais que podem ser induzidos por processos de produção específicos, quando se trata de questões envolvendo saúde e segurança.

Os indicadores utilizados na ASCV-PRP são relacionados aos comportamentos das empresas, a partir de uma política formal sobre saúde e segurança, demonstrados pela abordagem metodológica da *UNEP-SETAC* endereçada para a ASCV, por meio da composição física de um produto, motivado pela ação central no contexto do PCS, suportado pela ASCV. Portanto, os pontos sociais de acesso não são identificados somente para apoiar as mudanças no *design* de um produto (*UNEP-SETAC*, 2009).

A aprendizagem e a identificação dos pontos sociais de acesso destacam os comportamentos das empresas que devem ser alterados para que elas apresentem maior eficiência às normas sociais reconhecidas pela ASCV (MÉTHOT, 2013).

A propagação das orientações que definem as orientações ASCV como *quantis hotspots*, conforme *Ageco* e *Ciraig* (2012) sugerem a formulação dos potenciais *hotspots*, por meio das áreas do sistema de um produto, em que existe uma probabilidade de encontrar os pontos de acesso. Esta probabilidade é influenciada pela situação em que se encontra uma região, como os setores econômicos envolvidos, etc. Os *hotspots* referem-se a empresas ou seus comportamentos, em que um pode querer mudar. Isto corresponde à aplicação pretendida do que Jorgensen *et al.* (2012) definem como a firme liderança da ASCV.

Quando o usuário ASCV não pode alterar os comportamentos das empresas envolvidas no seu sistema de produto, possui a opção de mudar para outra empresa

que seja aderente às modificações essenciais pela substituição da cadeia de suprimento. Isto não se refere diretamente ao balanço de massa e energia com a entrada de matéria prima e a energia necessária para a produção (PARENT *et al.*, 2010).

A mudança de comportamento das empresas cumpre o objetivo social da produção e consumos sustentáveis. No entanto, para que ocorra uma substituição dos atores na cadeia de suprimento deve-se induzir uma mudança no comportamento das empresas, por meio da cadeia de suprimento, incentivando o mercado e as empresas. A substituição das empresas pode causar comportamentos indesejáveis, mesmo que um sistema de produto possibilite melhorar o perfil social do produto. O incentivo de mercado é criado para as empresas, mostrando que os comportamentos indesejáveis podem ser mudados pelo uso implícito da PRP na ASCV, em que as melhorias sociais para as partes interessadas são alcançadas pelas condições impostas pelo 'esverdeamento da economia' (*greening the economy*), de acordo com a Figura 24 (MACOMBE *et al.*, 2010).

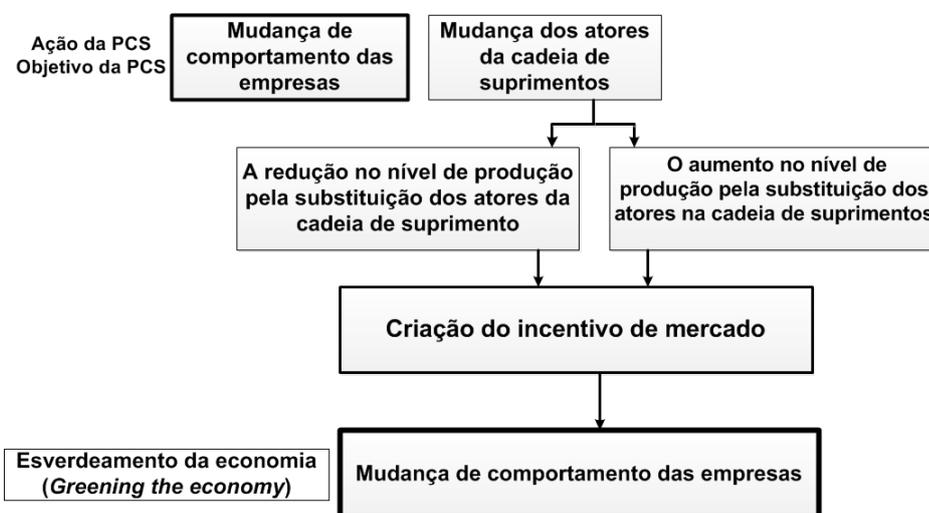


Figura 24: Cadeia de suprimento com diferentes relações greening the economy  
Fonte: UNEP-SETAC (2009).

A substituição dos atores da cadeia de suprimentos tem a finalidade de otimizar as condições sociais dos interessados, a partir do comprador, tendo em vista que um consumidor adquire os bens de consumo, sendo o produtor o responsável pela aquisição dos insumos de produção. Isto possibilita adquirir informações para o envio de um sinal para o mercado. O mesmo princípio é utilizado de forma inversa, para

comercialização, emissão de relatórios e etiquetagem, em que empresas responsáveis devem informar aos consumidores para que suas compras cumpram normas sociais desejáveis, esperadas para melhorar as condições sociais dos interessados (THOMASSEEN *et al.*, 2008<sup>a,b</sup>).

A identificação do foco e das áreas de melhoria informa sobre os comportamentos das empresas potencialmente influenciadas pela aquisição das ações e aplicações previstas, listadas pelo *UNEP-SETAC* (2009), e incluem o estabelecimento de procedimentos, de aquisição, com especificações proporcionando o planejamento estratégico e o desenvolvimento de políticas de compra (THOMASSEEN *et al.*, 2008<sup>a,b</sup>).

O estabelecimento dos procedimentos de compra é entendido como a atribuição de uma maior importância aos critérios sociais, em se tratando das condições globais de aquisições, e a credibilidade de seu resultado é determinante na alteração de valores, embora isso seja uma aplicação indireta da ASCV (THOMASSEEN *et al.*, 2008<sup>a,b</sup>).

O estabelecimento de especificações de compra é entendido como a identificação de critérios para realização de buscas utilizadas para a realização de compra local ou comércio, semelhante ao uso de ASCV na identificação dos critérios de rotulagem (VALDIVIA *et al.*, 2013).

A aplicação da ASCV, conforme Jørgensen *et al.* (2012), possui um contexto de aplicação educativa. A partir da alteração no nível de produção encadeada por meio de um mecanismo, cujas condições sociais podem ser melhoradas, agregando um maior número de partes interessadas que beneficiem os comportamentos de uma empresa em crescimento.

O desencadeamento de impactos sociais, relacionados à otimização econômica da ASCV, corresponde à criação de empregos. A intervenção pela criação de um incentivo de mercado é o resultado final esperado pela compra ou boicote de uma empresa com base em seus aspectos comportamentais, fundamentados em uma economia verde, em conformidade com os pressupostos da sustentabilidade ambiental (JØRGENSEN *et al.*, 2012).

Finalmente, o planejamento estratégico e desenvolvimento de políticas públicas são ações genéricas que precisam envolver outras ações para atingir o objetivo social do PCS. Em resumo, ASCV+PRP possibilitam a gestão de suporte da PCS, com o objetivo de otimizar o comportamento das empresas na identificação das áreas que necessitam de melhoria para os produtores e na orientação no consumo de produtos, bens de consumo e produtos intermediários, incentivando a modificação de comportamento das empresas (SCHMIDT *et al.*, 2004; UNEP-SETAC, 2009).

#### **2.16. Recomendações sobre o uso da ASCV**

A consideração deve levar em conta a elaboração de uma ASCV no contexto da produção e consumo sustentáveis (PCS), que são reconhecidos como um meio para se atingir a posição de economia verde (UNEP, 2011).

A finalidade para se atingir uma produção e consumo sustentáveis (PCS), em uma economia socialmente verde, é definida pelo critério de o que se deve comprar ou não, de acordo com o comportamento de seus incentivos de mercado, que conduzem a uma mudança de comportamentos das empresas em toda a economia. O incentivo de mercado para compras/boicote é estabelecido para as empresas, argumentando sobre os critérios baseados nas compras em que as empresas possam agir (VALDIVIA *et al.*, 2013).

As recomendações, sugerem que a coleta de informações sobre o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o coeficiente *Gini*, juntamente com o compromisso de cumprir com os critérios do Pacto Global da ONU, devem ser utilizados como indicadores quantitativos que integram a ASCV. Embora as empresas possam se comprometer com o Pacto Global da ONU, o IDH e o coeficiente *Gini* possuem pouca influência sobre a adequação comportamental do sistema de produção entre empresas, por se tratarem de resultados em nível macroeconômico, especialmente quando se realiza uma ampliação do espectro pelo uso de indicadores quantitativos como o nível de escolaridade, condições de trabalho, salário justo, trabalho infantil, trabalho feminino (FINKBEINER *et al.*, 2010).

Caso as grandes empresas façam o uso desses macroindicadores, a utilização da esfera de influência pela aplicação do boicote seria a prática mais adotada, com base

no estado de indicadores sociais em nível de país e a criação de um incentivo para as empresas modificarem o seu comportamento, adequando-se a uma avaliação ambiental do ciclo de vida (AACV) (FINKBEINER *et al.*, 2010).

Em outras palavras, seria boicotar uma empresa com base em uma situação na liderança do país de acolhimento para as mudanças nas práticas desta empresa, em outras empresas neste país, ou em empresas em qualquer lugar na economia global. Isso tem que ser considerado quando se utiliza o banco de dados dos pontos de acesso sociais (*hotspots*), um banco de dados desenvolvido para a ASCV, assim como informações em nível de país e em níveis setoriais para a definição de *hotspots*, de acordo com as diretrizes da UNEP-SETAC (2009).

A produção e consumo sustentáveis (PCS) para uma economia socialmente verde exigem a aplicação da prática do boicote para romper as cadeias de suprimento, tornando-se uma estratégia aceitável para a criação de um incentivo de mercado, mesmo reconhecendo que ela pode levar a impactos negativos. O uso das forças do mercado para mudar os padrões de produção e consumo P&C, para que seus impactos ambientais sejam reduzidos, é defendido pela política europeia integrada de produtos, conforme a CEC (2001; 2003).

A descrição de Jørgensen *et al.* (2012) utiliza o exemplo de uma empresa que executa o corte em um fornecedor de matéria prima que faz o uso do trabalho infantil, levando a piores condições sociais para os trabalhadores e para a sociedade local. No entanto, como a empresa possui uma influência econômica muito importante sobre os fornecedores para criar esse impacto negativo, eles provavelmente tinham a capacidade de fazer uma mudança (GRI, 2005). O corte no fornecedor, conforme Quairel e Auburger (2007), corresponde a um último recurso a se aplicar, depois das negociações para mudar o comportamento da empresa.

Isso significa que pouco tem se refletido no contexto da dimensão social da PCS. Esta reflexão se torna ainda mais importante, pela possibilidade de usar a ACV e a ASCV juntas, identificando uma diminuição no nível de produção dos poluentes por meio dos processos produtivos, como objetivo desejado a se alcançar pela PCS para o meio ambiente, conforme UNEP-SETAC (2009).

A aceitabilidade da criação de um impacto social com um maior ganho social também sugere uma reflexão sobre o papel da unidade funcional (UF) na ASCV. Se os impactos negativos são criados a partir do boicote ou corte na cadeia de suprimentos ou se resulta de uma transferência dos impactos no ciclo de vida, teria um impacto criado em um processo da economia ou o sistema de produto, se justificado pela redução dos impactos da UF. No contexto da redução do impacto ambiental na economia, a ACV garante os serviços (ou funções) em uma economia de consumo ecoeficiente, para que seus impactos sejam reduzidos (KRUSE *et al.*, 2009).

Por exemplo, a redução dos impactos de uma unidade funcional (UF) pode exigir o aumento do impacto de uma unidade de processo, por exemplo a presença de mercúrio no final da vida útil de uma lâmpada fluorescente compacta. O abatimento de outros processos como o consumo de energia elétrica resulta em uma redução global de impactos ambientais pela redução no consumo de eletricidade, pelos setores da economia que são intensivos no uso de iluminação elétrica, tornando a lâmpada fluorescente compacta com mercúrio uma alternativa de menor impacto ambiental (CLIFT e SIM *et al.*, 2012).

Os *trade-offs*, entre as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável, estão incluídos na Sustentabilidade do Ciclo de Vida, por meio da agenda de avaliação da pesquisa proposta pela *UNEP-SETAC* (2009) e *UNEP* (2011). Ressalta-se que os *trade-offs* entre as diferentes áreas em um sistema de produto, bem como as questões relativas à aceitabilidade de uma determinada quantidade de impactos negativos para um melhor desempenho no nível de uma Unidade Funcional têm que ser considerados (FINKBEINER *et al.*, 2010).

A outra consideração é a relação entre os dados genéricos versus dados específicos locais. A dificuldade de coleta de dados específicos locais é discutida por Jorgensen *et al.* (2009; 2012). Os dados específicos locais são necessários por informar os consumidores e as empresas sobre os comportamentos dos atores da cadeia de suprimentos, proporcionando que as substituições sejam feitas com base em seus comportamentos reais e não sobre a possibilidade de encontrar comportamentos indesejados.

No entanto, os dados genéricos podem ser suficientes para apoiar a seleção de critérios nas etapas do ciclo de vida, conforme os aspectos sociais que se deseja identificar e na elaboração de um programa de etiquetagem, descrito pela norma ISO 14024 (1999). Uma avaliação social do ciclo de vida, realizada em uma unidade funcional de bioetanol utiliza dados genéricos, identificando que na fase de produção da biomassa, ocorre uma grande preocupação referente ASCV pelo uso do trabalho forçado (BLOM e SOLMAR, 2009).

Isso sugere que nessa etapa do ciclo de vida, a produção de biomassa está preocupada com os aspectos sociais do trabalho forçado, sendo critérios inevitáveis a serem abordados em um esquema de etiquetagem ou de certificação de um produto. Outra consideração refere-se aos critérios, envolvendo os cortes referentes ao limite do sistema. Uma intervenção em nível de produto é determinada pela ACV, resultando em mudanças no subsistema, independentemente da responsabilidade dos atores envolvidos nesse subsistema, em relação aos impactos ambientais que se deseja evitar (JORGENSEN *et al.*, 2009).

É como um *eco designer* influencia na substituição do *mix* de energia, na entrada para a unidade funcional (UF) proveniente de uma fonte fóssil para a hidrelétrica.

Considerando-se que os produtores envolvidos no suprimento deste tipo de energia como insumo teria provavelmente pouca influência na produção de eletricidade do país, e essas ações haveria graves repercussões, pois há pouca influência nas escolhas tomadas pelos agentes econômicos no nível de elaboração política. (JORGENSEN *et al.*, 2012).

Dessa forma, é essencial enquadrar o uso de ferramentas de Avaliação da Sustentabilidade do Ciclo de Vida, no seu contexto de uso. No caso da produção e consumo sustentáveis (PCS), destacam os papéis diferentes que apontam para áreas de pesquisa que ainda não estão incluídas na agenda de pesquisa ASCV, como a capacidade de modificar o comportamento em uma fase da produção que pode exercer influência no comportamento em outras fases da UF até o consumo de um produto (ZAMAGNI, 2012).

Assim, para obter as ferramentas da avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida, deve-se apoiar o alcance das metas ambientais e sociais da produção e consumo sustentáveis (PCS) e o seu uso combinado que terão que ser pensados não só por meio da orientação das decisões de compra (onde está ação da PCS), que pode ser suportada pela condição de união da ACV e ASCV, como pela inclusão de outras ações da PCS (FUCHS e LOREK, 2005).

A inserção da educação na ASCV é uma aplicação relativamente nova, com menores efeitos diretos sobre a dimensão social da PCS. No entanto, oferece um valioso suporte como uma ferramenta de apoio à tomada de decisão na ASCV, proporcionando a gestão sustentável da ACV, juntamente com a produção e o consumo integrado a uma economia para a sustentabilidade (KLÖPPFER, 2008).

### **2.17. Avaliação do ciclo de vida de sistemas de geração de energia fotovoltaica**

A ACV é uma técnica utilizada para comparar e analisar a energia requerida pela UF e os impactos ambientais associados com o desenvolvimento de produtos ao longo do seu ciclo de vida. A ACV é constituída de quatro estágios: *i*) objetivo e definição do escopo; *ii*) análise de inventário; *iii*) avaliação e *iv*) interpretação do impacto.

Esses estágios encontram-se de acordo com as recomendações a partir da ISO 14040, pelos seus princípios normativos e a estrutura teórica com a ISO 14041, que estabelece os objetivos e a definição do escopo pela ISO 14042, para a avaliação de impacto ambiental do ciclo de vida e na ISO 14043, na interpretação do ciclo de vida com a integração dos autores especializados em sistemas de geração FV, mostrado na Figura 25 (PENG *et al.* 2013).

A ACV no Brasil seguiu as recomendações da Organização Internacional de Padronização - (*International Organization for Standardization*), pela ISO 14040, publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (WILLERS, 2013).

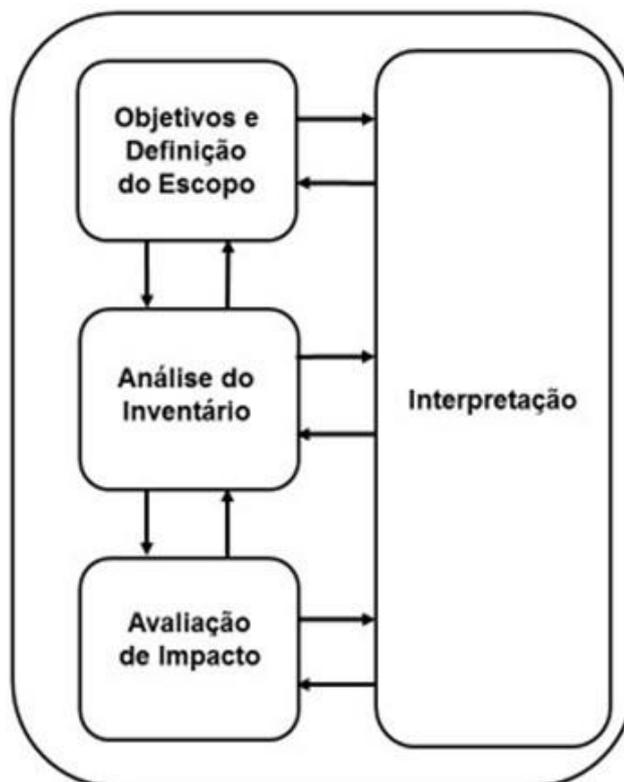


Figura 25: Quadro de referência metodológica da ACV

Fonte: ISO 14040, (1997); ISO 14040, (1998); ISO 14042, (2000); ISO 14043, (2000); JUNGBLUTH, N. (2005); REBITZER *et al.*, 2004; ISO 14040 (2006)

A abordagem metodológica da ACV inclui as especificações técnicas dos componentes eletroeletrônicos, entradas e saídas de matérias-primas, energias térmicas e elétricas, assim como a avaliação dos impactos ambientais, a partir do balanço de massa e energia para as emissões CO<sub>2</sub>, considerando os GEE, com o foco principal na unidade funcional que compõem a produção dos componentes do sistema de geração FV, conforme Garcia-Valverde *et al.*(2009); Traverso *et al.*(2012); Becalli *et al.*(2014) e Yang *et al.*(2015).

A função do objetivo e da definição do escopo é a de determinar o objetivo da pesquisa e os limites dos sistemas (*systems boundaries*). A fase de interpretação da ACV aplicado ao sistema de energia fotovoltaica (FV) é fundamentado teoricamente pelos critérios metodológicos recomendados para a fase de avaliação ambiental, considerando o consumo de energia, matérias-primas e as emissões de poluentes pela emissão de CO<sub>2</sub> (VALDIVIA *et al.*, 2013).

A avaliação ambiental do ciclo de vida inclui o balanço de massa e de energia, requerida no processo de manufatura dos componentes físicos e eletroeletrônicos, conforme os autores das literaturas científicas mostradas pelas Tabelas 4 e 5 (GARCIA-VALVERDE *et al.* 2009; TRAVERSO *et al.* 2012; BECALLI *et al.* 2014 e YANG *et al.* 2015).

*Tabela 4: Análise das publicações sobre avaliação ambiental do ciclo de vida referente ao (SAPV) no período de 1996 a 2009 Fonte: autores da literatura científica*

Autores	Assunto abordado no periódico	Periódico/Congresso	Ano
PALZ e ZIBETTA	<i>Payback</i> de energia para módulos FV's	<i>International Journal of Sustainable Energy</i>	1991
SCHAEFER <i>et al.</i>	Características ambientais correlacionadas com a geração de energia FV	<i>Renewable Energy</i>	1992
WILSON e YOUNG	<i>Payback</i> de energia para instalações FV's integrada a arquitetura predial	<i>Building and Environment</i>	1996
KATO <i>et al.</i>	<i>Payback</i> de energia e o ciclo de vida das emissões de CO <sub>2</sub> dos módulos de silício em sistemas FV's residenciais	<i>Progress in Photovoltaics Research and Applications</i>	1998
ALSEMA <i>et al.</i>	<i>Payback</i> de energia em sistemas FV's de geração distribuída: o estado da arte e as perspectivas para o futuro	<i>2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion</i>	1998
DONES e FRISCHKNECHT	Avaliação do ciclo de vida dos sistemas FV's: resultados de estudos nas cadeias de energia da suíça	<i>Progress in Photovoltaics Research and Applications</i>	1998
KNAPP e JESTER	Investigação empírica do <i>payback</i> de energia para módulos FV's	<i>Solar Energy</i>	2001
MEIJER <i>et al.</i>	Avaliação do ciclo de vida dos módulos fotovoltaicos: Comparação dos módulos FV (monoc-Si), (InGaP) e (InGaP/multicr-Si)	<i>Progress in Photovoltaics: Research and Applications</i>	2003
JAHN e NASSE	Desempenho operacional de sistemas FV's conectados à rede elétrica em edifícios na Alemanha	<i>Progress in Photovoltaics: Research and Applications</i>	2004
JUNGBLUTH	Avaliação do ciclo de vida com o uso do banco de dados ( <i>ecoinvent</i> ) dos módulos FV's cristalinos	<i>Progress in Photovoltaics: Research and Applications</i>	2005
ALSEMA <i>et al.</i>	Impactos ambientais na produção de módulos FV's por meio do silício cristalino	<i>Proceedings of Materials Research Society Fall Meeting</i>	2005
KORONEOS <i>et al.</i>	ACV de sistemas FV's de silício multicristalino: a situação presente e perspectivas futuras	<i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>	2006 (a)
KORONEOS <i>et al.</i>	ACV de sistemas FV's de silício multicristalino: aplicações em ilhas de economia	<i>International Journal of Life Cycle Assessment</i>	2006 (b)
KANNAN <i>et al.</i>	Estudo da avaliação do ciclo de vida de sistemas FV's de 2,7 kWp para geração distribuída em Singapura	<i>Solar Energy</i>	2006
NAWAZ e TIWARI	Análise de Energia incorporada em Macro e Micro Sistemas FV's	<i>Energy Policy</i>	2006
FTHENAKIS e ALSEMA	<i>Payback</i> de energia dos sistemas FV's e a avaliação ambiental do ciclo de vida pela emissão de gases de efeito estufa	<i>Progress in Photovoltaics: Application and Research</i>	2006
STOPPATO	Avaliação do ciclo de vida da geração de eletricidade FV	<i>Energy</i>	2008
WILD-SCHOLTEN	<i>Payback</i> de energia para módulos e sistemas FV's	<i>Workshop Photovoltaik-Modultechnik. Köln</i>	2009

Tabela 5: Análise das publicações sobre ACV e AACV referente ao (SAPV) no período de 2009(a) a 2015 Fonte: autores da literatura científica

Autores	Assunto abordado no periódico	Periódico/Congresso	Ano
ALSEMA <i>et al.</i>	Diretrizes metodológicas sobre a avaliação do ciclo de vida sobre a eletricidade gerada por sistemas FV's	IEA PVPS Task 12, Subtask 20, LCA Report	2009 (a)
FTHENAKIS <i>et al.</i>	Diretrizes metodológicas sobre a avaliação do ciclo de vida sobre a eletricidade gerada por sistemas FV's	2nd ed, IEA PVPS Task 12	2009 (b)
GARCÍA-VALVERDE <i>et al.</i>	Estudo de avaliação do ciclo de vida de um sistema autônomo de geração FV (SAPV) de 4,2 KWp	Solar Energy	2009
KALDELLIS <i>et al.</i>	Análise do <i>payback</i> de energia dos sistemas autônomos de geração FV	Renewable Energy	2010
SHERWANI <i>et al.</i>	Avaliação do ciclo de vida de sistemas autônomos de geração FV's: uma revisão de literatura	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2010
FTHENAKIS e KIM	Análise do ciclo de vida dos Sistemas FV's	Solar Energy	2011
FTHENAKIS <i>et al.</i>	Avaliação do ciclo de vida e o inventário do ciclo de vida dos Sistemas FV's	International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12	2011
SUMPER <i>et al.</i>	Avaliação do ciclo de vida de um sistema FV na Catalunha (Espanha)	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2011
CHEL e TIWARI	Um típico estudo de caso de um sistema autônomo de geração FV (SAPV), para a composição do clima em Nova Delhi (Índia)	Applied Energy	2011
DUFO-LÓPEZ <i>et al.</i>	Avaliação Tecno-econômica de um sistema FV de geração, com acesso a eletricidade e equipamentos elétricos para cocção de alimentos em áreas rurais de países em desenvolvimento	Applied Energy	2012
TRAVERSO <i>et al.</i>	A avaliação de sustentabilidade do ciclo de vida: na implementação dos Módulos FV's	International Journal of Life Cycle Assessment	2012
PENG <i>et al.</i>	Revisões de literatura sobre a avaliação do ciclo de vida: <i>payback</i> de energia e emissão de gases de efeito estufa de sistemas FV's	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2013
SHARMA e TIWARI	Avaliação do ciclo de vida do sistema autônomo de geração fotovoltaica (SAPV) em condições de campo em Nova Deli, na Índia	Energy Policy	2013
TURCONI <i>et al.</i>	Avaliação do Ciclo de Vida das tecnologias de geração de eletricidade: Visão geral, comparabilidade e limitações	Renewable and Sustainable Energy Reviews	2013
BECALLI <i>et al.</i>	Avaliação de desempenho do ciclo de vida de pequenos sistemas solares térmicos de refrigeração, assistidas por plantas convencionais de geração FV	Solar Energy	2014
TINA <i>et al.</i>	Sistema de monitoramento remoto de miniusinas (SAPV): Um estudo de caso para refrigerador instalado em área externa	Energy Conversion and Management	2014
YANG <i>et al.</i>	Avaliação do ciclo de vida do silício multicristalino para módulos FV's na China, considerando o comércio internacional	Journal of Cleaner Production	2015

A avaliação dos impactos ambientais, pode ser feita a partir do cálculo do *energy pay-back time* (EPBT) envolvendo a energia requerida no processo de manufatura dos componentes eletroeletrônicos fornecida pela base de dados do fabricante, em conformidade com Fthenakis e Alsema (2006); Stoppato (2008); Wild-Scholten (2009); García-Valverde *et al.* (2009); Kaldellis *et al.* (2010); Sumper *et al.* (2011); Peng *et al.* (2013). Estes autores consideram o conjunto de componentes do sistema FV,

compostos por módulos FV's, estruturas metálicas e acessórios utilizados para a montagem dos módulos FV's, cabos elétricos de força e dados, banco de baterias, controlador de carga e inversor.

A fase da avaliação do impacto ambiental do ciclo de vida considera o consumo de energia, consumo de recursos e a discriminação das categorias de substâncias químicas, responsáveis pelas emissões de poluentes, e o inventário com a relação de causa-efeito para os diferentes problemas ambientais, tais como potencial de aquecimento global, acidificação solo, destruição da camada de ozônio, ecotoxicidade e outros condicionantes de impacto ambiental; consideraram-se ainda as taxas de emissões de CO<sub>2</sub> direcionadas para o potencial de aquecimento global (FTHENAKIS; ALSEMA, 2006; STOPPATO, 2008).

A Tabela 6 mostra um exemplo para as especificações técnicas de todos os componentes utilizados em um sistema FV em uma comunidade isolada, conforme García-Valverde *et al.* (2009); Isofoton, (2015).

*Tabela 6: Especificações técnicas do sistema FV de 16,80 kWp Fonte : ISOFOTON, 2015*

Fabricante	ISOFOTON	Fabricante	ISOFOTON
<i>Módulo fotovoltaico</i>		<i>Regulador de carga</i>	
Modelo	ISF-106	Modelo	ISOTEL 40SD
Potência nominal (W)	106,00	Voltagem nominal (V)	48,00
Tensão em circuito aberto (V)	43,20	Amperagem máxima (A)	30,00 x 4
Corrente de curto-circuito (A)	3,27	Tensão de desconexão em consumo (V)	< 44,80
Máximo ponto de potência V <sub>mpp</sub> (V)	34,80	Tensão de desconexão em geração (V)	> 62,40
Máximo ponto de potência I <sub>mpp</sub> (A)	3,05		
Massa (kg)	11,50		
Comprimento (cm)	131,00		
Largura (cm)	65,40		
<i>Inversor</i>		<i>Banco de baterias</i>	
Modelo	ISOVERTER 3.000/48	<i>Tipo: Aberta com inspeção eletrolítica</i>	Chumbo ácido
Tensão nominal de entrada (V)	48,00	Voltagem nominal (V)	2 x 24,00
Faixa de ajuste da tensão de entrada (V)	40,00 – 64,00	Capacidade de amperagem (Ah)	2.300
Potência nominal de saída (kW)	3,00	Capacidade energética (kWh)	110,40
Tensão nominal de saída (V)	110 - 220	Profundidade de descarga mínima (SOC)	70%
Frequência de saída (Hz)	50 - 60		
Eficiência ( $\eta$ )	85% - 90%		

A Figura 26 mostra o limite do sistema com a descrição deste balanço de massa e energia.

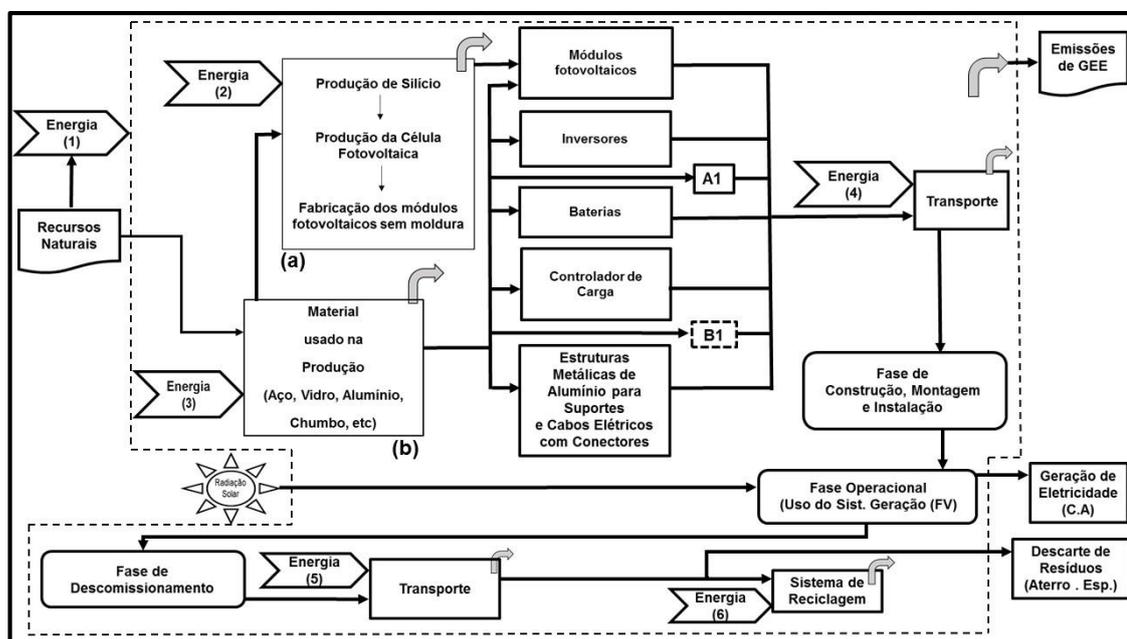


Figura 26: Limite do sistema, referente a ACV de um sistema de geração FV  
 Fonte: GARCÍA-VALVERDE et al., 2009; PENG et al. 2013 e BECALLI et al. 2014

O limite do sistema consiste na representação da área envolvida no cálculo do balanço de massa referente à entrada de matérias primas e saída do fluxo de poluentes pela emissão de CO<sub>2</sub> e a energia requerida no processo de manufatura do sistema FV, demonstrado pela área pontilhada delimitando os elementos externos dos internos. As saídas são ilustradas pelas setas curvas para emissões de GEE, considerados na avaliação dos impactos ambientais, decorrentes das atividades das unidades de processamento e produção dos sistemas FV's, descritos pelo diagrama (a) e (b), com entrada de energia e matéria-prima para a produção de materiais como o vidro, lingotes de silício de grau metalúrgico em eletrónico, *wafers* de silício, cobre, gálio, índio, telureto de cádmio, encapsulamento em polímero de etileno acetato de vinilo (EVA) e TEDLAR na forma de película de fluoreto de polivinilo (PVF), utilizados para a produção da célula FV e módulo FV.

A descrição do inventário do ciclo de vida envolve os balanços de massa e de energia, para entrada de matérias-primas. Com relação ao balanço de energia é considerada a combinação de energéticos por combustíveis como o carvão, óleo diesel, GN e energia elétrica. A inserção do retângulo **A1** em linha contínua representa o sistema de gestão remota de energia nas comunidades isoladas, incluindo o balanço de massa

e energia, dos componentes eletroeletrônicos. O retângulo **B1** em linha pontilhada, corresponde ao sistema de gestão remota de energia para monitoramento de 12 miniusinas instaladas nas comunidades isoladas. A Figura 27 mostra um exemplo de um estudo de caso, para uma comunidade isolada, delimitando se a inclusão apenas dos componentes do sistema de geração FV, composta pelos módulos FV's, controlador de carga, banco de baterias e o inversor.

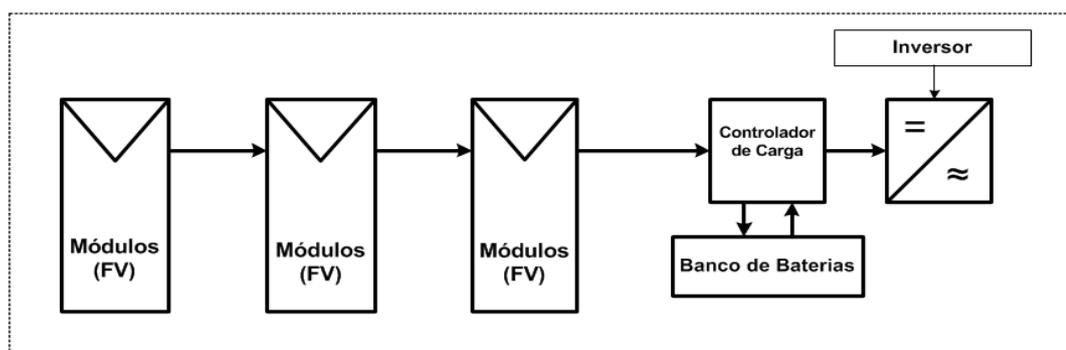


Figura 27: Exemplo do Limite do Sistema FV

Fonte: Palz e Zibetta (1991); Wilson e Young (1996); Kato et al. (1998); Alsema et al. (1998); Knapp e Jester (2001); Fthenakis e Alsema (2006); García-Valverde et al. (2009); Peng et al., (2013) e Becalli et al. (2014)

O cálculo do *payback* de energia (equação 1), para o sistema FV instalado na comunidade isolada, utiliza o método do consumo anual de energia elétrica ( $E_{EMB, el}$  /  $E_{USE, el}$ ), que corresponde ao usado na Universidade de Murcia (para fins de comparação). Para a realidade da comunidade isolada no Amazonas é considerada a baixa e a alta estação de armazenamento de pescado e polpa de fruta, em que o consumo de energia elétrica corresponde ao acondicionamento de alimentos a serem congelados nos freezers.

$$EPBT = \frac{E_{EMB, th-el}}{E_{USE, el}} \quad (1)$$

Assim, a equação 1 considera a energia térmica incorporada ( $E_{EMB}$ ), por meio da conversão de eficiência termelétrica de  $\eta_{th-el} \approx 35\%$ , sendo resultante na energia elétrica equivalente para o sistema FV em ( $E_{EMB, el}$ ) tendo como unidade o (MWh<sub>el</sub>). O termo (*EPBT*) é a razão entre ( $E_{EMB, el}$  /  $E_{USE, el}$ ), utilizado para o cálculo aplicado na comunidade isolada de Sobrado/AM e em um sistema *Home Office* de 10 kWp conectado à rede elétrica convencional em Manaus, estabelecendo uma análise

comparativa com os resultados obtidos na Universidade de Murcia, conforme o método elaborado por García-Valverde *et al.* (2009); Peng *et al.* (2013) e Becalli *et al.* (2014).

O segundo método aplicado para o cálculo do *payback* de energia considerou a produção anual de energia elétrica pelo uso da equação (2) e (1), sendo ( $EPBT$ )  $E_{EMB, el} / E_{USE, pr}$ .

$$E_{USE, pr} = PR \frac{HiP_{STC}}{G_{STC}} \quad (2)$$

O termo  $Hi$  corresponde a irradiação anual recebida pelo gerador FV,  $G_{STC}$  é a irradiância na condição padrão de teste ( $1,00kW/m^2$ ) e  $P_{STC}$  como potência nominal do gerador FV, considerando o máximo ponto de potência para voltagem ( $V_{mpp}$ ) e amperagem ( $I_{mpp}$ ).

A produção anual de energia elétrica ( $E_{USE, pr}$ ) é determinada pelo fator de desempenho (*Performance Ratio* -  $PR$ ), sendo geralmente menor do que para os sistemas FV's conectado à rede elétrica, destinados a localidades remotas.

A estimativa de produção anual da eletricidade ( $E_{USE, pr}$ ) para o sistema FV ocorre a partir de um valor atribuído ao  $PR$ , apresentado pela equação (2) sobre a ( $E_{USE, pr}$ ), para a geração FV em Murcia, sendo viabilizada pelas medições climáticas realizadas para a construção da usina FV, o que possibilita o monitoramento direto da energia solar gerada anualmente, assim como a eletricidade em CA fornecida à carga, o que permite determinar o fator de desempenho médio  $PR$ , por exemplo em  $0,62^a$  e  $0,77^b$ , adequado para as instalações FV em regiões isoladas (GARCÍA-VALVERDE *et al.*, 2009<sup>a</sup>; NREL, 2015<sup>b</sup>).

## **2.18. Avaliação de impacto ambiental da ACV para o sistema FV de comunidade isolada**

A avaliação de impacto ambiental do ciclo de vida é realizada a partir da análise dos GEE pela taxa de emissão de  $CO_2$ , proposta pela comparação com outras opções de suprimentos de energia elétrica, como o sistema diesel elétrico isolado. Também, a avaliação pode ser feita por meio de outras fontes renováveis com baixa emissão de

CO<sub>2</sub>, como os sistemas FV's autônomos e os conectados à rede, que não contribuem para o aumento do potencial de aquecimento global, na fase de operação da miniusina FV, sendo uma opção mais adequada para as localidades remotas (por exemplo a comunidade isolada de Sobrado/AM), recomendadas por García-Valverde *et al.* (2009); Peng *et al.* (2013); Becalli *et al.* (2014).

O cálculo das taxas de emissões em CO<sub>2</sub> foi aplicado para o sistema FV para comunidades isoladas e um sistema FV de 10kWp em uma residência do tipo *home office*, comparando os resultados obtidos na Universidade de Murcia, é feito por meio da equação 3.

$$GHG_{e-rate} = \frac{GHG_{e-total}}{ELCA-output} = \frac{GHG_{PV} + GHG_{BOS}}{ELCA-output} \quad (3)$$

Em que, **GHG<sub>e-rate</sub>** é a taxa de emissão dos GEE por CO<sub>2</sub>, pela energia elétrica gerada por sistema FV (em kg CO<sub>2</sub>-eq./kWh); **GHG<sub>e-total</sub>** é a quantidade total de emissões de GEE em todo o ciclo de vida em (kg CO<sub>2</sub>-eq.); **ELCA-output** é a energia elétrica total gerada pelo sistema FV durante seu ciclo de vida, estimado em 20 anos (em kWh).

O termo **GHG<sub>PV</sub>** corresponde às emissões totais de GEE em relação ao balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub>, referente aos módulos FV; **GHG<sub>BOS</sub>** representa o balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub>, incluindo todos os componentes eletroeletrônicos, como controlador de carga, banco de baterias, inversor, cabos elétricos, suportes e estruturas metálicas para a montagem dos arranjos FV's.

As considerações finais da estrutura conceitual-teórica da ACV para o sistema FV de comunidade isolada, possibilita a identificação do potencial de redução dos impactos ambientais negativos pela aplicação do método proposto por García-Valverde *et al.* (2009); Peng *et al.* (2013), sobre o meio ambiente pela diminuição das taxas de emissão de CO<sub>2</sub>, proporcionando o uso racional dos recursos naturais e promovendo a melhoria nas condições de saúde humana, de acordo com as recomendações (UNEP/SETAC, 2009; 2011; 2013).

No presente trabalho, o método da ACV foi utilizado para avaliar e comparar os benefícios do sistema FV, por corresponder as necessidades de demanda por

eletricidade de comunidades rurais isoladas e por consumidores residenciais urbanos pela redução no consumo de combustíveis fósseis destinados a geração termelétrica.

## 2.19. A avaliação social do ciclo de vida aplicado as comunidades isoladas

A ACV, proposta por Lehmann *et al.* (2013), consiste basicamente em quatro fases: conhecer; definir as metas e escopo; análise de inventário; e a avaliar e interpretar os impactos sociais, pelo acesso à energia elétrica por meio da introdução da tecnologia FV.

O quadro de referência metodológica da ASCV é mostrado pela Figura 28, incluindo as políticas públicas do setor energético integrada as comunidades isoladas, por exemplo no Estado do Amazonas. O uso dos sistemas FV's inclui a aplicação da ASCV em quatro etapas: definição de metas e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e de interpretação, como indicado pela ISO 14040/14044 (2006<sup>a, b</sup>).

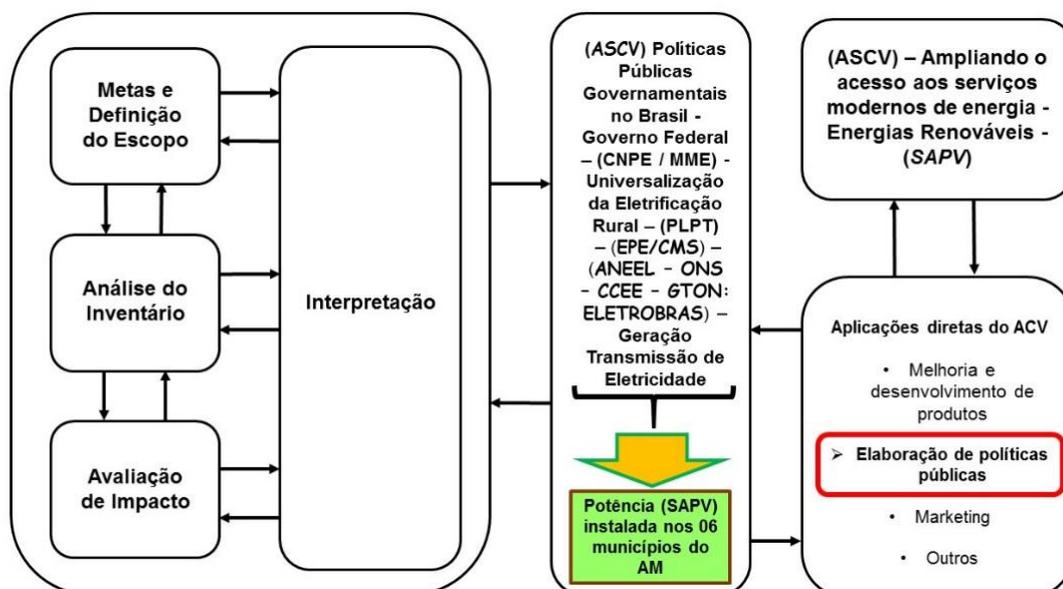


Figura 28: Quadro de referência metodológica para ACV, com a inclusão da ASCV  
Fonte: MEIJER *et al.*, 2003; PARENT *et al.*, 2013

A ASCV recomenda também o uso de indicadores macroenergéticos como a elasticidade e renda do consumo de energia e a intensidade energética, com a possibilidade de aplicação do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em nível nacional, estadual e municipal, em substituição do PIB, pela razão entre consumo de energia e IDH do Brasil  $CE(BR)/IDH(BR)$ ; a razão entre consumo de energia e o IDH

do Estado do Amazonas CE(AM)/IDH(AM) e a razão entre consumo de energia do município e o IDHM CE(M)/IDHM (FURTADO, 1990; PINTO *et al.*, 2007; FINKBEINER *et al.*, 2010; PARENT *et al.*, 2013).

A elasticidade é dada pela razão entre o consumo energético (CE) sobre o Produto Interno Bruto (PIB), de acordo com a razão descrita pela equação 4.

$$\frac{CE}{PIB} = \frac{\frac{\Delta CE}{CE}}{\frac{\Delta PIB}{PIB}} \quad (4)$$

A intensidade energética demonstra a variação do consumo de energia de um país no decorrer de um período de tempo, pelo somatório do produtório da variação do consumo final de energia  $\Delta EF$  pela razão entre o consumo de energia ( $EF_i$ ), produto ( $VA_i$ ) e o PIB. A decomposição destas três variações do consumo de energia é representado por meio do efeito conteúdo, efeito estrutura e o efeito atividade, conforme a equação 5 (PINTO *et al.*, 2007).

$$\Delta EF = \underbrace{\sum_i \Delta \left( \frac{EF_i}{VA_i} \right) \times \frac{VA_i}{PIB} \times PIB}_{\text{EFEITO CONTEÚDO}} + \underbrace{\sum_i \frac{EF_i}{VA_i} \times \Delta \left( \frac{VA_i}{PIB} \right) \times PIB}_{\text{EFEITO ESTRUTURA}} + \underbrace{\sum_i \frac{EF_i}{VA_i} \times \frac{VA_i}{PIB} \times \Delta PIB}_{\text{EFEITO ATIVIDADE}} \quad (5)$$

Os autores Wenzel *et al.* (1997), Manhart e Grießhammer (2006), e Weidema (2006), reconhecem que os dados gerais e específicos do local, obtidos por meio do protocolo da coleta de dados, mediante à aplicação de questionários e formulários de entrevista, atendem ao rigor da metodologia da pesquisa elaborado na forma de perguntas semiestruturadas, conduzindo a avaliações mais precisas das subcategorias de impactos sociais. Isso revela o caráter de inovação e ineditismo para as pesquisas referentes às realidades das localidades remotas, pela aplicação de indicadores macroenergéticos, como elasticidade e renda do consumo de energia, e a intensidade energética, conforme demonstrados acima pelas equações 4 e 5.

Segundo Jørgensen *et al.* (2008); Finkbeiner *et al.* 2010, a análise comparativa, pode ser feita por meio do uso de dados genéricos a partir das fontes estatísticas como o PIB *per capita* e o IDHM, disponibilizados pelo IBGE e o Programa das Nações Unidas

pelo Desenvolvimento destinados a divulgação dos indicadores quantitativos sobre impactos sociais oriundos do acesso à energia elétrica em comunidades isoladas.

A aplicação convencional para as diretrizes das fichas metodológicas conduzem a avaliação social do ciclo de vida, sempre endereçadas para o ciclo de vida dos produtos, serviços, unidade funcionais, cadeias produtivas, gestão da cadeia de suprimentos, assim como os elementos intrínsecos referentes à comunidade local no âmbito das partes interessadas, desde que o *feedback* de informações e as relações de causa-efeitos dos impactos estejam diretamente conectados com os sistemas de produção conforme Griebshammer *et al.* (2006); Benoît *et al.* (2010; 2011).

As diretrizes são um guia metodológico para os pesquisadores que realizam a ASCV, pelo suporte teórico fornecido pelas fichas metodológicas, assim como as recomendações para a coleta de dados e a aplicação do roteiro de entrevista. As etapas para a condução da ASCV são subdivididas em: definição dos objetivos e escopo; análise do inventário social do ciclo de vida; a avaliação de impacto social do ciclo de vida, que corresponde aos resultados do inventário do ciclo de vida; a interpretação da avaliação social do ciclo de vida, que representa a discussão dos resultados obtidos; e a análise do inventário do ciclo de vida, em que são avaliados em conjunto, a fim de identificar os problemas significativos. Por fim, as conclusões são elaboradas em relação ao objetivo definido e escopo (BENOÎT-NORRIS *et al.*, 2011; PARENT *et al.*, 2010; UNEP-SETAC, 2013).

O método da ASCV foi iniciado em 1990, incluindo cinco categorias de partes interessadas formadas por: trabalhadores, comunidade local, sociedade, consumidores e atores da cadeia de valor; além de seis categorias de impacto envolvendo a análise de inventário e a avaliação de impacto, por meio dos direitos humanos, condições de trabalho, saúde e segurança, herança cultural, governança e as repercussões socioeconômicas (UNEP-SETAC, 2009).

As subcategorias identificadas por uma ordenação numérica: (8) trabalhadores, (11) comunidade local, (3) sociedade, (4) atores da cadeia de valor e (5) para os consumidores. Estas são as subcategorias caracterizadas que utilizam mais de 100 indicadores inventariados em uma publicação específica, a partir das fichas metodológicas referente as subcategorias da ASCV, de acordo com a sociedade

ambiental de toxicologia e química do programa ambiental das nações unidas (*United Nations Environment Programme - Society of Environmental Toxicology and Chemistry – UNEP-SETAC*, 2009; 2013).

Neste estudo foi considerada a subcategoria (11), referente a comunidade local, pertencente à categoria dos direitos humanos endereçados para o bem-estar social e para as condições de trabalho, incluindo a justiça social com os impactos sociais direcionados para a renda representada pelo (salário mínimo) e o nível de escolaridade (*UNEP-SETAC*, 2009; 2013).

O bem-estar social humano destina-se a criar um resultado positivo e significativo para as pessoas e para muitos setores da sociedade, sendo definido como uma sensação geral de felicidade e satisfação (ANTONIDES, 1991). O Programa Ambiental das Nações Unidas, define o bem-estar humano inserido como Área de Proteção (*Area of Protection - AoP*), dentro da ASCV e como meta final do desenvolvimento sustentável (*UNEP/SETAC*, 2009). A abrangência da Área de Proteção engloba a capacidade de viver uma vida saudável, naturalmente longa e decente, para apreciar e respeitar a adesão social satisfazendo as suas necessidades básicas, conforme Dreyer *et al.* (2006); Currie *et al.* (2012).

O conceito básico de justiça social consiste em garantir o cumprimento de sua função, sem comprometer os outros ao fazê-lo. Além disso, a Constituição da Organização Internacional do Trabalho (OIT) afirma que “a paz universal só pode ser alcançada de forma duradoura, se for baseada na justiça social” (SCHMIDTZ, 2006). Assim, a justiça social é pertinente na conexão com a renda envolvendo o pagamento dos salários e a educação, onde as barreiras de acesso às instituições educacionais caracterizam o baixo nível de escolaridade. O papel da justiça social é definido como uma *AoP*, completando a interação entre o bem-estar social e o salário justo, em que a educação influencia diretamente a justiça social por manter a equidade do acesso à educação pela renda (ILO 26, 1928; ILO C131, 1970; BOYLE, 1999; UNESCO, 2011; NEUGEBAUER *et al.* 2014).

Ainda, o estudo da ASCV pode ser ampliado por meio da inclusão do salário justo e nível de escolaridade e por meio dos vetores energéticos de desenvolvimento sustentável (pelo acesso à energia elétrica e aos energéticos fósseis convencionais

como gasolina, óleo diesel e GLP; assim como pelo uso das fontes tradicionais de energia como lenha e carvão vegetal), para as comunidades isoladas, conforme a Figura 29 (KAYGUSUZ, 2012).

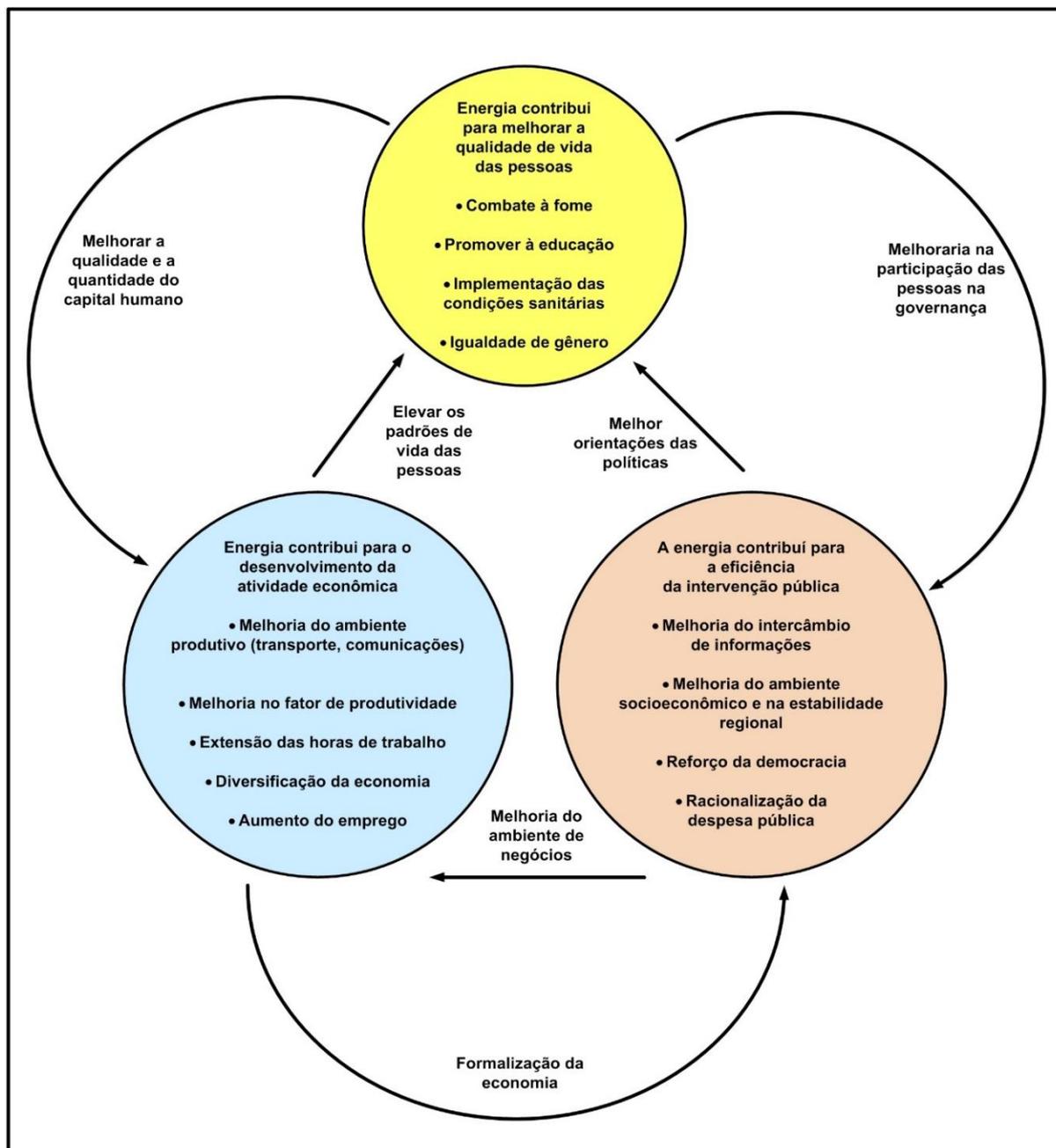


Figura 29: Vetores energéticos entre o desenvolvimento social, econômico e humano em comunidade isoladas  
Fonte: KAYGUSUZ (2012)

Com relação à estabilidade ambiental a partir da ASCV é preservar a situação ambiental estável, de forma sustentável, mantendo a capacidade de renovabilidade por um extenso período de tempo e garantir o bem-estar social. A inclusão da

educação na dimensão ambiental é essencial por promover a capacitação e a qualificação das pessoas responsáveis pela tomada de decisões necessárias para a preservação da estabilidade ambiental. E principalmente pela educação ter influência direta no final das cadeias globais de suprimento industrial, pelo conhecimento exigido sobre a proteção ambiental e estabilidade ambiental incorporando os conceitos do *TBL* (ELKINGTON, 1999; FJELDSA e LOVETT 1997; TUOMISTO e RUOKOLAINNEN, 1997; CARNEGIE *et al.*, 2000; CHIU; CHU, 2012; OECD, 2012; ZHANG *et al.*, 2013).

Nesse contexto, os perigos à saúde humana é uma categoria de impacto amplamente conhecida e definida, usada no âmbito da discussão da ASCV, por abordar a caracterização dos aspectos sociais, juntamente com os impactos ambientais. A influência da educação sobre a saúde, por meio do ensino superior demonstra relação direta com a maior probabilidade de ampliação na renda e, conseqüentemente, diminui a exposição à pobreza extrema e aos riscos de desnutrição. Além disso, o ensino superior em termos de conhecimento mais amplo e aprofundado possibilita o controle de epidemias e doença crônicas (TIBAIJUKA, 1997; JAMISON *et al.*, 2001; JOLLIET *et al.*, 2003; VAN ZELM *et al.*, 2008).

Por outro lado, o acesso social aos impactos da perspectiva do ciclo de vida, elaborado por Hauschild (2005), identifica a educação como uma categoria de impacto adicional necessária para ASCV. Portanto, os níveis de escolaridade definidos em ensino primário (educação básica), secundário (ensino médio) e terciário (ensino universitário) estão, de acordo com o padrão internacional de classificação da educação (*International Standard Classification of Education – ISCED – 97 – 76*), publicado pela OIT, de acordo com a necessidade de avaliação dos programas educacionais de aprendizagem nos níveis universitários. As suas estruturas de impactos são demonstradas pelas influências e os seus efeitos na educação (NEUGEBAUER *et al.*, 2014).

### 3. MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa foi desenvolvida em etapas diferenciadas, conforme mostra a Figura 30:

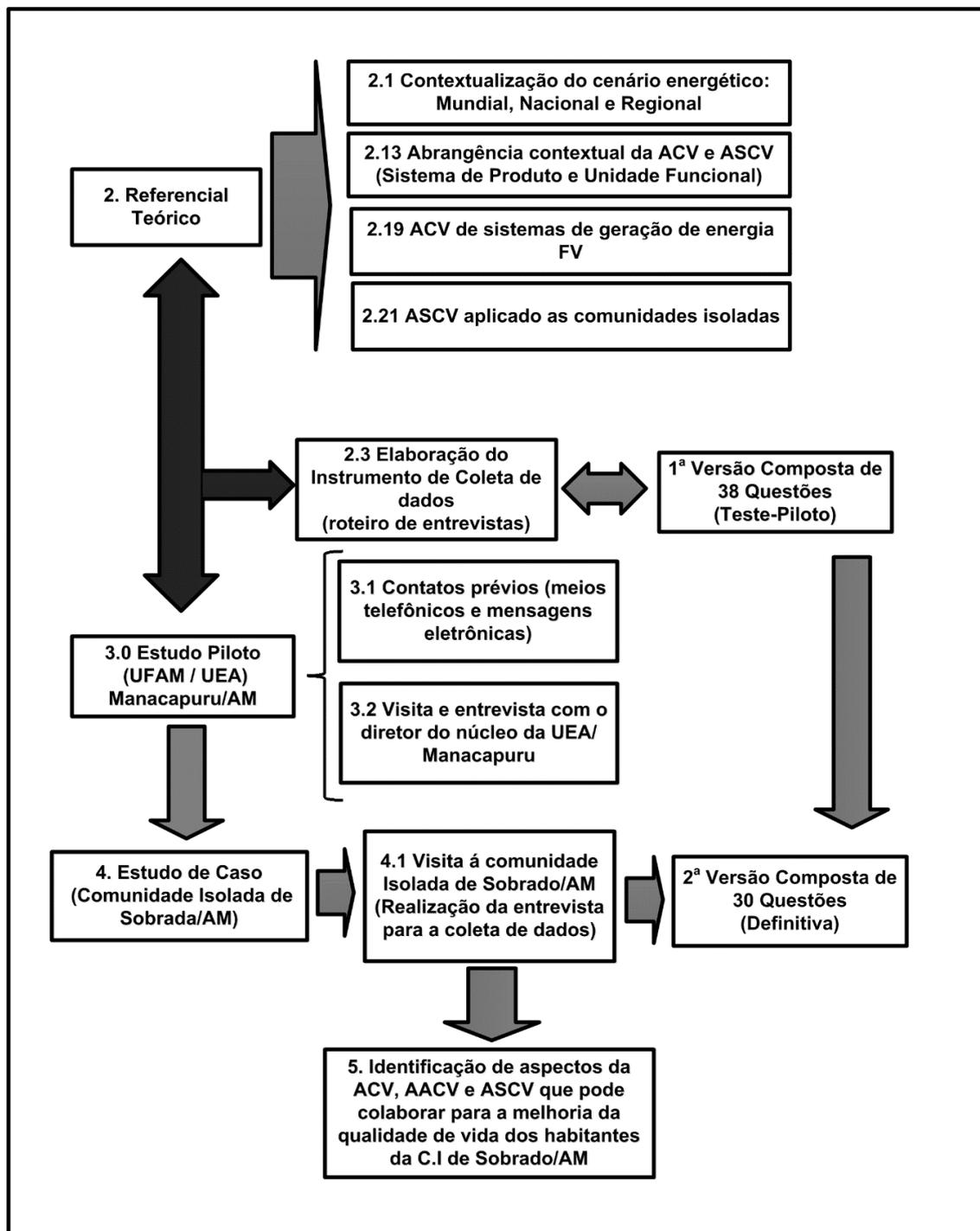


Figura 30: Diagrama simplificado do método da pesquisa  
Fonte: Elaborado pelo autor

A sequência de detalhamento de cada uma das etapas do método de pesquisa é descrita, por meio da pesquisa bibliográfica com o seu foco principal em periódicos

científicos, assim como livros, teses, publicações em anais de congressos, relatórios técnicos de balanços energéticos internacionais, nacionais e regionais.

O estudo constituiu, segundo a definição de Lakatos e Marconi (2002; 2006), em uma abordagem comparativa, por meio da investigação e da explicação de fatos a partir de similaridades e singularidades, pela detecção do que é comum a duas ou mais séries de natureza análoga, tomadas de meios sociais ou de outras áreas do saber: no caso, o Modelo de geração e o uso de sistemas FV's autônomos (SAPV) em comunidades isoladas com a abordagem da ACV e ASCV. E na proporção que a pesquisa é desdobrada, adquire-se um caráter descritivo, de modo que, segundo Gil (1996), este tipo de pesquisa descreve as características de determinados fenômenos e possibilita as associações entre variáveis.

A diversidade das modalidades de abordagens metodológicas encontradas, segundo Vergara (1997) e Ventura (2002), incluem os diferentes tipos de pesquisa, não se excluindo mutuamente, reforçando o constructo da fundamentação teórica para Miguel (2007) e Lakatos e Marconi (2002; 2006), validando a utilização de vários métodos para a coleta e tratamento de dados.

Assim a proponente desta pesquisa é de cunho analítico, por meio de uma revisão sobre temas específicos, analisados a partir da bibliografia existente, de modo que a abrangência temática seja estabelecida pela sua função combinada com a atualização do contexto histórico.

### **3.1. Estudo-Piloto**

A aplicação do teste-piloto para Miguel (2007) possui três finalidades básicas: testar o instrumento de coleta de dados quanto à sua aplicação; verificar a qualidade das informações e dados obtidos por meio do instrumento e fazer os ajustes necessários, no instrumento, para que este se adeque melhor à realização da pesquisa.

A realização do teste-piloto selecionou os quarenta professores rurais em formação do curso de pedagogia, na atividade de estágio supervisionado, da Universidade Federal do Amazonas UFAM, pelo Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica – PARFOR. A cidade escolhida foi o município de Manacapuru, por

proporcionar os contatos necessários com os professores rurais e moradores destas comunidades isoladas, por serem usuários do suprimento de energia elétrica em regime intermitente, destinado a realização das atividades escolares do ensino fundamental da Educação de Jovens e Adultos EJA, no período noturno das 18:00 às 22:00 horas, fazendo o uso de pequenos geradores a gasolina ou óleo diesel na faixa de 2kW a 9kW de potência, em escolas rurais construídas dentro das comunidades isoladas.

A visita como parte integrante da coleta de dados do estudo de caso, seguiu dois procedimentos. O primeiro foi realizado por meio de entrevista semiestruturada e com a aplicação de um questionário de teste, de acordo com o apêndice A, com trinta e oito questões para os quarenta professores, que foram respondidos de forma espontânea, com orientações para as dimensões dos sistemas de geração intermitente de energia elétrica da comunidade isolada a qual residem, a fim de garantir a correta informação sobre os pequenos geradores diesel e a gasolina.

O segundo procedimento foi feito por meio da visita ao núcleo de ensino superior da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), também no município de Manacapuru, situado na rua Valdemar Ventura, Bairro do São José.

O teste-piloto possibilitou a adequação do segundo instrumento de coleta de dados pelo constructo do apêndice B, com a inserção de trinta questões objetivas e fechadas, endereçados aos benefícios sociais adquiridos, a partir do acesso à energia elétrica pela introdução da tecnologia de geração autônoma por sistemas FV, para a comunidade isolada de Sobrado/AM, como grupo de análise do *TBL*, conforme as recomendações das fichas metodológicas da *UNEP/SETAC* (2009; 2011; 2013), envolvendo a avaliação do ciclo de vida (ACV), a avaliação social do ciclo de vida (ASCV) e as subcategorias dos impactos sociais, de acordo com Neugebauer *et al.* 2014.

### **3.2. Estudo de caso**

O estudo de caso envolve uma ACV de um sistema autônomo de geração (*Stand-Alone Photovoltaic Systems - SAPV*), em que a metodologia empregada está estruturada nas seguintes fases: definição do objetivo e escopo, análise de inventário,

avaliação dos impactos ambientais e a interpretação dos resultados. A identificação *in loco* das realidades energéticas das comunidades isoladas do Estado do Amazonas permitiu desvelar as peculiaridades em relação aos benefícios sociais adquiridos na melhoria da qualidade de vida, a partir do acesso à energia elétrica pela introdução de uma tecnologia de geração por meio dos sistemas autônomos de geração FV, pelo método elaborado por Lehmann *et al.* (2013).

A ACV e a ASCV adotaram como abordagem metodológica a realização de um estudo de caso, como a modalidade de pesquisa direcionada para a engenharia de produção e gestão de operações, segundo Filippini (1997); Filippini e Voss (1997); Wacker (1998); Berto e Nakano (2000); Miguel (2007) e Yin (2012).

A classificação dos estudos de caso conforme Yin (2012) é composta: *i*) quanto ao seu conteúdo e objetivo final em: exploratórios, explanatórios ou descritivos; *ii*) quanto ao número de casos: em caso único ou em casos múltiplos; *iii*) quanto a sua categoria em holísticos ou incorporados, tanto para o caso único, como para os casos múltiplos.

Assim, a presente pesquisa adotou o estudo de caso do tipo único, de acordo com Yin (2001), pelas suas características de um estudo revelatório, devido à situação ser previsivelmente inacessível para a investigação científica na comunidade isolada de Sobrado/AM, em se tratando de caso crítico adequado para testar uma teoria em relação à aplicação das subcategorias dos impactos sociais da ASCV, de acordo com as recomendações da *UNEP/SETAC* (2013). A realização do estudo de caso utilizou o protocolo proposto por Miguel (2007), segundo a Figura 31.

O estudo de caso, segundo Gil (1996), Berto e Nakano (2000), investiga a natureza empírica de um determinado fenômeno frequentemente contemporâneo, inerente a um contexto da vida real na ocasião, em que o limiar entre o fenômeno e o contexto no qual está inserido não está nitidamente definido, necessitando-se de um aprofundamento analítico de um ou mais objetos (casos), possibilitando ampliar o conhecimento. E de acordo com Mattar (2014), o objetivo é adentrar o conhecimento sobre um problema que não foi exaustivamente definido, com a intenção de motivar a compreensão, sugestão de hipóteses e questionamentos, assim como desenvolver uma nova teoria.

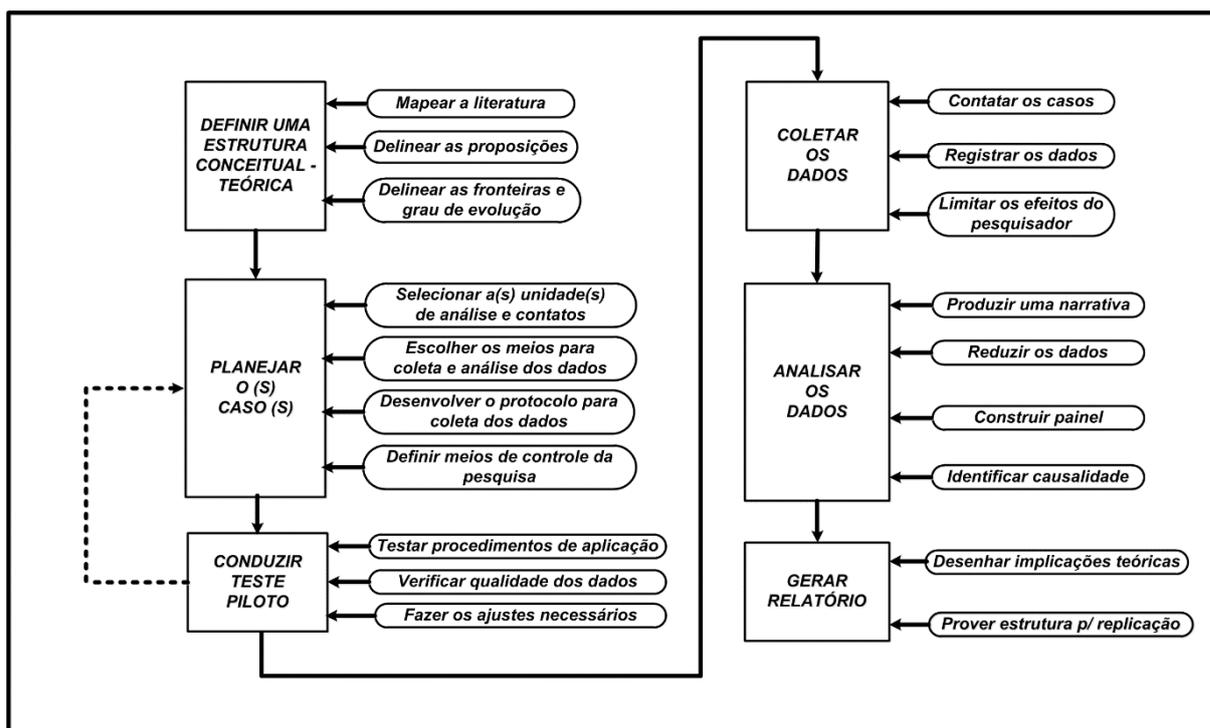


Figura 31: Macroetapas do planejamento e condução do estudo de caso  
 Fonte: Forza, (2002); Croom, (2005); Souza, (2003); Miguel (2007)

A natureza do presente estudo de caso da realidade investigada integrou o uso da ACV e ASCV, a partir da instalação do modelo de geração descentralizada pelo SAPV, sendo classificada quanto ao seu conteúdo e objetivo final como exploratório, explanatório e descritivo, conforme Yin (2001) e Voss *et al.* (2002).

### 3.3. Planejamento do Caso

O planejamento do caso foi estruturado em três etapas principais: o estudo de caso; o instrumento de coleta de dados e a realização de um estudo piloto.

O objeto de pesquisa deste estudo de caso foi o sistema de geração (SAPV) da sede da APASCO, localizado 22 km do município de Novo Airão/AM. A sua escolha ocorreu por apresentar duas singularidades específicas:

- A sua localização geografia, engloba uma área de proteção ambiental integral com a inclusão do Parque Nacional de Anavilhanas, o Parque do Jaú, Parque Estadual do Rio Negro - Setor Norte, com uma dimensão territorial de 37.771,246 km<sup>2</sup>, com uma população de 17.199 habitantes, além de pertencer a região metropolitana de Manaus (RMM) desde de 2007;

- A condição de permanência na forma de sistema elétrico isolado e descentralizado, mesmo após a integração à malha elétrica nacional pelo SIN do município de Manaus, desde de julho de 2014 (IBGE ESTADO, 2014; IBGE CIDADE, 2014; SEPDE/DEPI, 2014; DE PAULA, 2015). Ainda pela sua confiabilidade apresentada como fonte segura para a obtenção de dados; além da proximidade com a cidade de Manaus, facilitando a coleta de dados.

A primeira versão do roteiro de entrevista foi elaborada como parte integrante do protocolo de coleta de dados composta de trinta e oito questões que foram investigadas junto aos moradores das comunidades isoladas, inicialmente introduzidas no município de Manacapuru/AM. O questionário foi aplicado aos professores rurais do programa PARFOR/UFAM, em que foi realizada a atualização com relação ao contexto energético e a realidade local.

A realização dos procedimentos de entrevista deste estudo de caso ocorreu entre os dias 09 a 13 de março de 2015, a partir dos contatos prévios por telefone com o presidente da comunidade isolada de Sobrado/AM e, posteriormente, por meio da visita *in loco* e com a aplicação de um questionário contendo trinta questões, com duração de oitenta minutos por entrevistado, conforme Miguel (2007), para os moradores de três localidades distintas da comunidade de Sobrado e cada família constituída por seis pessoas. A primeira na sede da APASCO, onde está instalado o SAPV e minirrede de geração e distribuição (MIGDI), contando com a participação de sete famílias. A segunda localidade pesquisada contou com seis famílias entrevistadas no Igarapé de Sobrado com acesso à energia elétrica pelos sistemas FV's (SIGFV) e mais três famílias moradoras do ramal da Terra Preta, a 2 km da sede da APASCO sem acesso à eletricidade pelo programa de eletrificação rural (PLpT). O contato prévio com o Sr. Orange (Presidente da comunidade) possibilitou uma excelente interação como os moradores locais, o que viabilizou a participação das entrevistas durante todo o período da pesquisa.

#### **3.4. A descrição do SAPV da sede da APASCO**

A área destinada à geração fotovoltaica é livre do comprometimento por sombreamento com a ausência de cobertura vegetal e projeção por edificação predial

ou residencial; o ângulo de inclinação dos módulos FV's ficou ajustado em 13° com a face geográfica voltada para o norte, mostrado pela Figura 32.

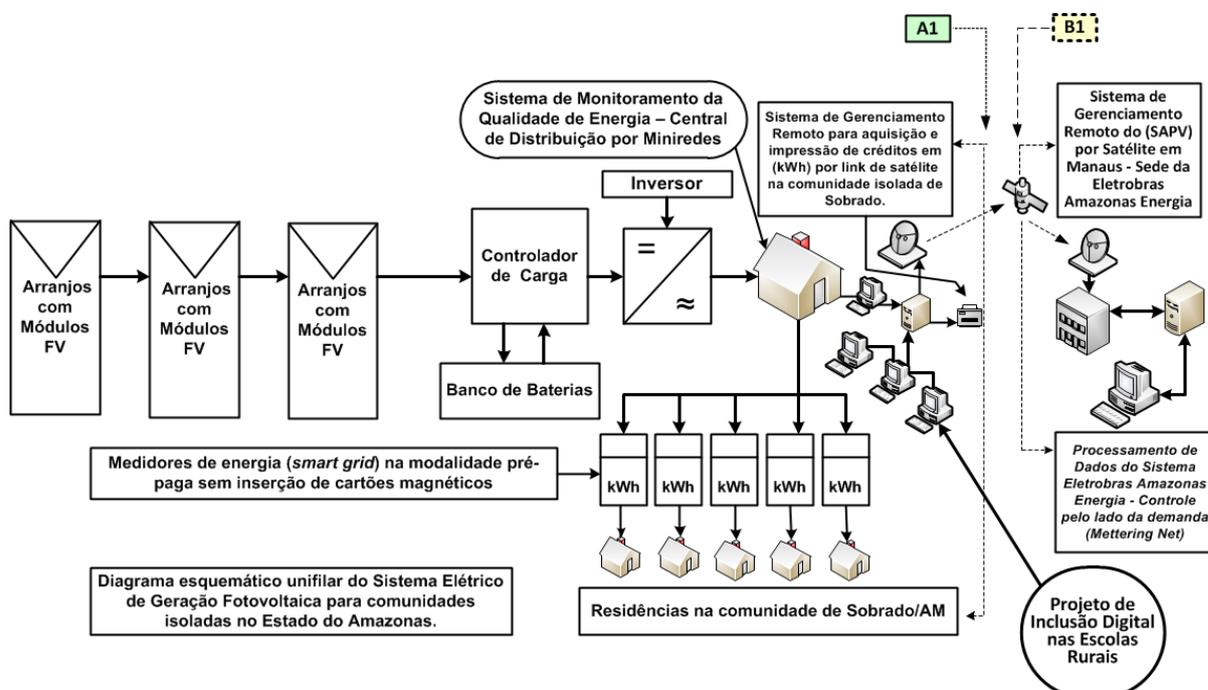


Figura 32: Diagrama esquemático de miniusinas fotovoltaicas implantadas pela Eletrobras Amazonas Energia em uso na comunidade isolada de Sobrado

Fonte: KAISER et al., 2007; ELETROBRAS, 2011; BLASQUES e PINHO, 2012.

A usina de geração FV atende uma potência instalada de 12 kW, por módulos fotovoltaicos de silício monocristalino (mc-Si), com tensão nominal de saída em 24 Volts. A dimensão física de cada módulo é de 0,85 m<sup>2</sup>, com uma área total ocupada pelos arranjos fotovoltaicos em 200 m<sup>2</sup>. Cada módulo FV com a moldura de alumínio possui massa de 11,50 kg, a massa total dos módulos de silício monocristalino é de 1.840 kg, considerando os materiais como a moldura de alumínio, EVA e *TEDLAR*.

O objetivo do SAPV é de suprir a demanda por energia elétrica para a comunidade de Sobrado, em regime contínuo por sistema de gestão remota na modalidade pré-paga de energia em kWh. O sistema de geração está dimensionado para suprir três circuitos para prédios comunitários e mais um circuito destinado ao suprimento de eletricidade para dez residências rurais. Assim, a distribuição das potências é feita para quatro circuitos em CA, por meio de quatro inversores distribuindo a potência de 3kW para cada circuito alimentador, da seguinte forma:

- O primeiro circuito destinado ao posto de saúde comunitário com uma potência de 2,80 kW;
- O segundo circuito corresponde a escola comunitária que funciona no período diurno e noturno com 4 salas de aula, laboratório de informática e cantina com potência de 2,80 kW;
- O terceiro circuito é do centro comunitário usado para aulas de inclusão digital, com freezers para o armazenamento de pescado e polpa de fruta, com potência de 2,80 kW;
- O quarto circuito é destinado a dez residências rurais com uma potência instalada de 280W, totalizando 2,80 kW. A tensão elétrica de alimentação para todas as cargas é em CA de 110 Volts/60Hz.

O SAPV possui um circuito de CC com dois controladores de carga, para cada banco de bateria com 24 unidades, totalizando 08 controladores de carga para todo o sistema de geração FV. O banco é constituído por de baterias de chumbo-ácido, associadas em série/paralelo com uma tensão elétrica de 48V / 2300 Ah, sendo responsável pela alimentação dos quatro inversores com potência nominal de 3kW, distribuídos entre os quatro circuitos alimentadores em CA, totalizando 12 kW.

A energia gerada pelo sistema fotovoltaico é distribuída por minirredes e o SAPV é o primeiro sistema de geração autônoma a receber a autorização da Aneel para usar a forma de pré-pagamento da energia. A operação das usinas utiliza o sistema de telegestão sendo gerenciado remotamente em Manaus, com a utilização do *software Sage* (ELETROBRAS, 2011; DE PAULA, 2015).

O SAPV instalado nas comunidades é capaz de manter o suprimento de energia elétrica por dois dias sem incidência de luz solar sobre os módulos FV. A modularidade do sistema de geração possibilita a rápida ampliação da capacidade de geração, proporcional ao crescimento da demanda por meio da adição de novos blocos geradores de módulos FV, baterias e inversores, instalados no barramento de distribuição do sistema, permitindo atender o suprimento de eletricidade das comunidades em regime contínuo (ELETROBRAS, 2011; DE PAULA, 2015).

## **4. RESULTADOS**

Neste capítulo são apresentados analisados e discutidos os resultados, inicialmente do estudo-piloto, em seguida do estudo de caso.

### **4.1. Resultados do Estudo-Piloto**

O estudo-piloto no município de Manacapuru/AM, contou com a aplicação do protocolo de coleta de dados com os professores rurais em formação do PARFOR-UFAM. A espontaneidade das respostas do questionário de entrevistas, foi um dos aspectos mais relevantes em relação a questão referente ao acesso à energia elétrica, pela implementação de sistemas de geração intermitente por meio de pequenos geradores a gasolina ou diesel com potência de 7,50 a 9,00 kW, destinado a garantir o suprimento de energia elétrica para as escolas rurais em suas respectivas comunidades ou vilas rurais no período noturno das 18:00 às 22:00 horas.

A autonomia média destes pequenos geradores a gasolina ou diesel é estimada em 12,50 litros para quatro horas de geração por dia. A despesa anual para um gerador a gasolina é de R\$: 16.155,00, com um consumo de 4.500 litros de gasolina, e para geradores diesel a despesa anual é de R\$: 13.185,00, para um consumo de 4.500 litros de óleo diesel, em tensão monofásica de 110V/220V/60Hz, considerando o preço de atacado do combustível para a gasolina comum em R\$: 3,59/litro e para o óleo diesel em R\$: 2,93/litro, no Estado do Amazonas, conforme a atualização de preços da ANP divulgada em 10 de agosto de 2015.

A comunidade Primavera Lago do Anamã, no município de Anamã/AM, é a única localidade a possuir um gerador diesel trifásico de 65 kW, com um consumo de óleo diesel de 25 litros para 04 horas de geração, com uma despesa anual de R\$: 21.096,00 com um consumo de 7.200 litros de óleo diesel, suportados pela prefeitura local.

As aulas ministradas pelos 40 professores rurais do teste-piloto são realizadas no período noturno e destinadas para uma média de 70 alunos do 1º ao 5º ano do ensino fundamental, pertencente ao 1º segmento da Educação de Jovens e Adultos, em regime multisseriado realizada em salões comunitários em fase de compartimentação

das edificações prediais para a ampliação das salas de aulas. O espaço para a realização das atividades escolares, são disponibilizados pela prefeitura local.

A totalidade dos entrevistados responderam unanimemente que o acesso a eletricidade em regime contínuo por fontes renováveis de energia por sistemas *SAPV's* é de importância estratégica, pois desoneraria principalmente as despesas com combustíveis destes pequenos geradores, assim como a inviabilidade econômica de suportar geradores de potências mais elevadas a exemplo da comunidade primavera do Anamã, evitando a descontinuidade no fornecimento de energia elétrica pela falta de recursos financeiros destinado a aquisição de combustíveis para os geradores pelas prefeituras locais.

No caso específico dos professores de rurais de Manacapuru em formação pelo PARFOR-UFAM, todos possuem o ensino médio completo e são alunos finalistas do curso de Pedagogia e todos os entrevistados confirmaram que continuarão os seus estudos em cursos de pós-graduação a nível de mestrado e doutorado concorrendo as vagas publicadas nos editais da UFAM e nas universidades particulares da cidade de Manaus, o incentivo individual é constituído pela busca as melhores condições de vida das famílias rurais ao retornarem as suas comunidades de origem.

As escolas rurais possuem recursos de integração com o uso das tecnologias da informação e comunicação orientadas ao desenvolvimento social, econômico, político, cultural, ambiental e tecnológico, com enfoque nas pessoas das comunidades isoladas pelo Programa de Inclusão Digital do Governo Federal com salas tecnológicas equipadas com três computadores, três monitores de 14" de LCD, um *Nobreak* e uma impressora a jato de tinta, embora todos entrevistados afirmaram que a utilização destes recursos estão limitados pela inexistência de um suprimento contínuo de energia elétrica.

O teste-piloto comprovou a inviabilidade da geração de energia elétrica em comunidades isoladas pelo uso de combustíveis fósseis, em regime contínuo exigindo complementaridade por fontes renováveis de energia por *SAPV's*, assim como a penetração de sistemas individuais de geração FV (SIGFI), garantindo o fornecimento de energia elétrica na modalidade de carga dedicada para pequenos equipamentos eletroeletrônicos como aparelhos de telefonia celular rural, receptores parabólicos de

canais e televisores, refrigeradores de (C.C), aumentando a confiabilidade do sistema (SIGFI), com baixo custo de manutenção e reduzido *payback* de energia.

#### **4.2. Resultados do Estudo de Caso – ACV do sistema SAPV**

O estudo de caso, envolvendo os resultados da ACV, está endereçado para a sede da APASCO, incluindo os resultados do *payback* de energia, a avaliação de impacto ambiental pelas taxas de emissão para todos os componentes do SAPV.

Os detalhes dos resultados obtidos pela pesquisa de campo dos impactos sociais pelo SAPV pela aplicação do protocolo de coleta de dados da ASCV, são tratados para três localidades distintas na sede da APASCO, com acesso à energia elétrica por meio do SAPV com minirrede de distribuição MIGDI para sete famílias com seis pessoas; igarapé de Sobrado, com sistema de geração FV individual SIGFV, sem minirrede distribuição limitado a uma potência de 300W por unidade consumidora com de seis pessoas, ramal da Terra Preta a dois km de distância da sede da comunidade isolada de Sobrado, sem atendimento no fornecimento de energia elétrica pelo programa luz para todos (PLpT).

##### **4.2.1 Balanço de massa e de energia para o SAPV da comunidade de Sobrado**

O balanço de massa e de energia considerou a fase de produção, construção, operação, descomissionamento e reciclagem do sistema autônomo de geração FV (SAPV), conforme as especificações técnicas fornecidas pela unidade de produção da Isofoton para os componentes eletroeletrônicos da usina de geração, como os módulos FV, controladores de carga, banco de baterias e inversores.

A ACV na fase de operação não necessita de entradas por suprimento equivalente de energia térmica em ( $MWh_{th}$ ), como foi requerido na fase de produção para os módulos FV, controladores de carga, inversores, cabos elétricos e as estruturas metálicas em aço galvanizado. O consumo de energia registrado na usina FV é destinado aos dispositivos de controle e qualidade de energia, por meio de oito reguladores de carga com o consumo interno máximo de 210 kWh/ano, juntamente com o consumo interno de energia por quatro inversores com 126 kWh/ano.

A ACV na fase de produção do sistema FV, para a comunidade de Sobrado, considerou as especificações técnicas da Isofoton, conforme as Tabelas 7 e 8.

*Tabela 7: Balanço de massa para fase de produção do sistema FV de 16.80 kWp, para comunidade de Sobrado Fonte: Elaborado pelo autor.*

Componentes eletroeletrônicos/Estrutura para arranjos fotovoltaicos	Materiais	Massa (kg)
4 x 40 x 106 Wp módulos (FV)	Silício monocristalino (mc-Si), Al. EVA, TEDLAR	1.840 com moldura (Al)
4 x 2 x Reguladores de carga	Misto de componentes eletroeletrônicos	20
4 x Inversores	Misto de componentes eletroeletrônicos	100
4 x 24 x Baterias de chumbo ácido (2.300 Ah @ C100)	Chumbo, óxido de chumbo, sulfato de chumbo, etc.	9.648 sem solução eletrolítica
4 x 24 x Baterias de chumbo ácido (2.300 Ah @ C100)	Chumbo, óxido de chumbo, sulfato de chumbo, etc.	19.296 com solução eletrolítica
Estrutura de suporte	Aço Galvanizado	4 x 562 = 2.248
Cabos Elétricos	Cobre	4 x 44 = 176
<b>Total</b>		<b>23.680 com solução eletrolítica</b>

*Tabela 8: Balanço de energia para fase de produção do SAPV Fonte: Elaborado pelo autor*

Elemento de composição	Matéria-prima virgem para a produção	Matéria-prima reciclada para produção
Módulo FV de Si-mc sem moldura de Al	1.583 MWh <sub>th</sub> /m <sup>2</sup>	-----
Moldura de Al para módulo FV	41,70 kWh <sub>th</sub> /kg	2,08
Regulador de carga	277 kWh <sub>th</sub> /kW <sub>el</sub>	-----
Inversor	277 kWh <sub>th</sub> /kW <sub>el</sub>	-----
Bateria de chumbo ácido	331 kWh <sub>th</sub> /kWh	242 kWh <sub>th</sub> /kWh
Aço galvanizado	9,72 kWh <sub>th</sub> /kg	2,00 kWh <sub>th</sub> /kg
Cabos Elétricos	19,44 kWh <sub>th</sub> /kg	13,90 kWh <sub>th</sub> /kg

A pertinência do balanço de massa para a ACV é demonstrada pela distribuição das emissões de CO<sub>2</sub>, a partir da fase de construção, descomissionamento e reciclagem, contabilizando o montante de massa, envolvendo os componentes do sistema FV, as entradas de massa em combustíveis para operação de transporte na fase de construção e descomissionamento até a reciclagem e a fase de reciclagem.

#### 4.2.2 O balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub>

A distribuição do balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub> referente ao sistema de geração FV, para comunidade de Sobrado com potência de geração fotovoltaica em 16,80 kWp, inclui todos componentes do sistema FV para as fases de construção e descomissionamento incluindo as molduras de alumínio, módulos FV sem moldura de alumínio, regulador de carga, inversor, baterias de chumbo ácido, estruturas e suportes metálicos em aço galvanizado para montagem dos arranjos fotovoltaicos e os cabos elétricos, mostrados abaixo na Tabela 9, conforme a equação (3).

*Tabela 9: Balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub> em (kg), para todos os componentes do SAPV instalados na sede da APASCO Fonte: Elaborado pelo autor*

Componentes	Fase de construção (kg)	Fase de descomissionamento (kg)	Total (kg)
Molduras de Alumínio	2.347,60	176,28	2.523,88
Módulos fotovoltaicos (mc-Si)	20.808,28	-----	20.808,28
Regulador de carga	436,36	-----	436,36
Inversor	314,76	-----	314,76
Baterias de chumbo ácido	24.352,00	90,84	24.442,84
Suportes e estruturas metálicas	1.554,80	1.021,96	2.576,76
Cabos elétricos	861,80	702,12	1.563,92
<b>Total</b>	<b>50.675,60</b>	<b>1.991,20</b>	<b>52.666,80</b>

A Tabela 10 inclui o balanço de massa total dos percursos, referente às emissões de CO<sub>2</sub>, para a operação de transporte do sistema autônomo de geração FV, considerou o 1º percurso da operação de transporte iniciou-se na cidade de Málaga na Espanha, tendo como o ponto de partida a fábrica Isofoton, responsável pelo suprimento de todos os componentes de geração do SAPV, o modal de transporte selecionado foi um navio cargueiro de pequeno porte, até o porto de Manaus, com uma distância de 7.240 Km (GOOGLE MAPS, 2015).

*Tabela 10: Balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub> em (km/kg), referente as operações de transporte para o 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º percursos*

*Fonte: Elaborado pelo autor*

Operação de Transporte	Fase de construção	Fase de descomissionamento	Total (kg)
1º, 2º e 3º Percursos em (km/kg)	7.586 km / 3.546 kg de CO <sub>2</sub>	-----	3.546
4º, 5º e 6º Percursos em (km/kg)	-----	4.181 km / 1.955 kg de CO <sub>2</sub>	1.955
<b>Total (kg)</b>	<b>3.546 kg de CO<sub>2</sub></b>	<b>1.955 kg de CO<sub>2</sub></b>	<b>5.501</b>

O 2º percurso contabilizou o trecho do porto de Manaus até a sede do município de Novo Airão com 196 Km, foi realizado por via terrestre em caminhão a partir da AM-070 e AM 352. O 3º percurso considerou a estrada de acesso de Novo Airão à comunidade de Sobrado estimada em 150 Km (GOOGLE MAPS, 2015).

O percurso total da fábrica Isofoton na Espanha até a comunidade de Sobrado foi de 7.586 Km, onde o balanço de massa para emissão dos GEE contabilizou um total de 3.546 kg de CO<sub>2</sub>, considerando o fator de conversão para o balanço de massa em cada 1km percorrido para 0,467489362 kg de CO<sub>2</sub> emitido na operação de transporte para a fase de construção do sistema FV (GOOGLE MAPS, 2015).

O 4º percurso é iniciado na comunidade de Sobrado no município de Novo Airão, pela estrada de ramal até a sede do município de Novo Airão com 150 Km de distância. O 5º percurso é a saída da sede do município de Novo Airão até a cidade Manaus com uma distância de 194 Km, seguindo por via terrestre pela AM-070 e AM-352. (GOOGLE MAPS, 2015).

O 6º percurso segue de Manaus até São Paulo, com destino à empresa de reciclagem e descarte final do lixo eletrônico, sendo o percurso de 4.181 Km; totalizando um montante de 1.955 kg de CO<sub>2</sub> emitido nesta fase de descomissionamento (GOOGLE MAPS, 2015).

O modal de transporte escolhido para esta operação foi um caminhão diesel, que resultou em um balanço de massa total de 5.501 kg de CO<sub>2</sub>, emitidos para as duas operações de transporte, correspondendo a 9,16% das emissões de CO<sub>2</sub>, produzidas pelas operações de transporte, envolvendo as fases de construção, instalação, montagem, descomissionamento até a planta de reciclagem.

A distribuição do balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub>, na fase de reciclagem do sistema (SAPV), proposto para este estudo de caso, considerou como exemplo as especificações técnicas do balanço massa e energia utilizado na Universidade de Múrcia para o laboratório de serviços veterinários, com potência de 4,20 kWp, contendo 40 módulos fotovoltaicos de silício monocristalino (mc-Si), com voltagem de 24 V e potência de 106 Wp por módulo, conforme as especificações técnicas fornecidas pelo fabricante Isofoton (2015).

A comparação na análise deste resultado apresentado pela massa total de CO<sub>2</sub> emitida para a fase de reciclagem do sistema FV na Universidade de Murcia sendo 472,83 kg e na comunidade de Sobrado no Estado do Amazonas com a emissão total de CO<sub>2</sub> de 1.891,32 kg.

Destaca-se a necessidade de implementação de uma planta de reciclagem dos resíduos eletrônicos, como módulos FV's, controlador de carga e inversor. A sua ausência não descarta a inclusão na distribuição do balanço de massa total para as emissões de CO<sub>2</sub> na fase de reciclagem, em 472,83 kg e 1.891,32 kg em Murcia na Espanha e na comunidade de Sobrado, contabilizando além dos metais como o alumínio usado na moldura dos módulos FV's, o cobre dos condutores elétricos e o aço galvanizado utilizado nas estruturas e suportes para montagem dos módulos FV's.

O balanço de massa total para as emissões de CO<sub>2</sub>, considera todos os componentes eletroeletrônicos e metais do sistema de geração FV, assim como a inclusão de toda a operação de transporte para as fases de construção e descomissionamento, juntamente com a operação de reciclagem, mostrado na Tabela 11.

*Tabela 11: Balanço de massa total em kg para as emissões de CO<sub>2</sub> para a sede da APASCO Fonte: Elaborado pelo autor*

Massa para emissões de CO <sub>2</sub>	Massa para emissão de CO <sub>2</sub> (Fase de transporte)	Massa para emissões de CO <sub>2</sub> (Fase de reciclagem)	Balanço de massa total das emissões de CO <sub>2</sub>
52.666,80 kg de CO <sub>2</sub>	5.501 kg de CO <sub>2</sub>	1.891,32 kg de CO <sub>2</sub>	60.059,12 kg de CO <sub>2</sub>

A distribuição do balanço de massa para as emissões de CO<sub>2</sub>, para o SAPV de 16,80 kWp da comunidade de Sobrado no município de Novo Airão, estabelece uma ressalva pertinente para a fase de descomissionamento pela não reciclagem dos componentes eletroeletrônicos, justificando a impossibilidade na reciclagem pela ausência de uma planta adequada com a finalidade de processar os resíduos eletrônicos. Por este motivo não são incluídos na fase de descomissionamento, embora sejam contabilizados no final da distribuição, conforme a Figura 33, o correspondente a 47% de emissões de CO<sub>2</sub> para a bateria e 34,65% para os módulos FV's, como os componentes eletroeletrônicos mais impactantes para a avaliação de impacto ambiental, embora represente um ganho ambiental no ciclo de uso desta

tecnologia de geração de eletricidade para a comunidade isolada de Sobrado/AM para um período de 20 anos, sem emissões de CO<sub>2</sub>.

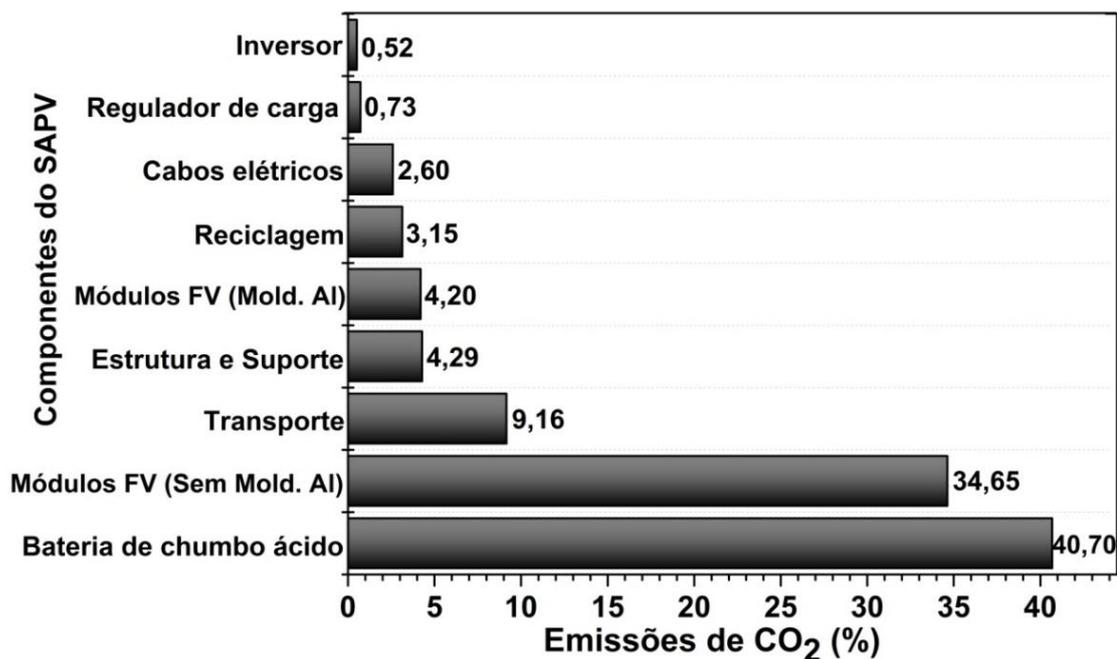


Figura 33: Distribuição do balanço de massa pelas emissões de CO<sub>2</sub>, do SAPV

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.3 A distribuição do balanço de energia na ACV dos componentes do SAPV de Sobrado

A distribuição no balanço da energia considera o ciclo de vida da instalação FV, ou seja, a energia incorporada desde o processo de produção dos componentes eletroeletrônicos que integram a usina FV, assim como a inclusão das entradas de energia para as fases de construção, descomissionamento pela operação de transporte e pela fase de reciclagem. A energia incorporada (*embodied energy*) dos componentes eletroeletrônicos e as estruturas metálicas para montagem dos arranjos FV são definidas pelo seu equivalente térmico em (MWh<sub>th</sub>), em que a sua quantidade de energia permanece a mesma a partir da fase de produção; e as entradas adicionais de energias ocorrem pela operação de transporte presente na fase de construção, descomissionamento e na fase de reciclagem, mostrados na Figura 34.

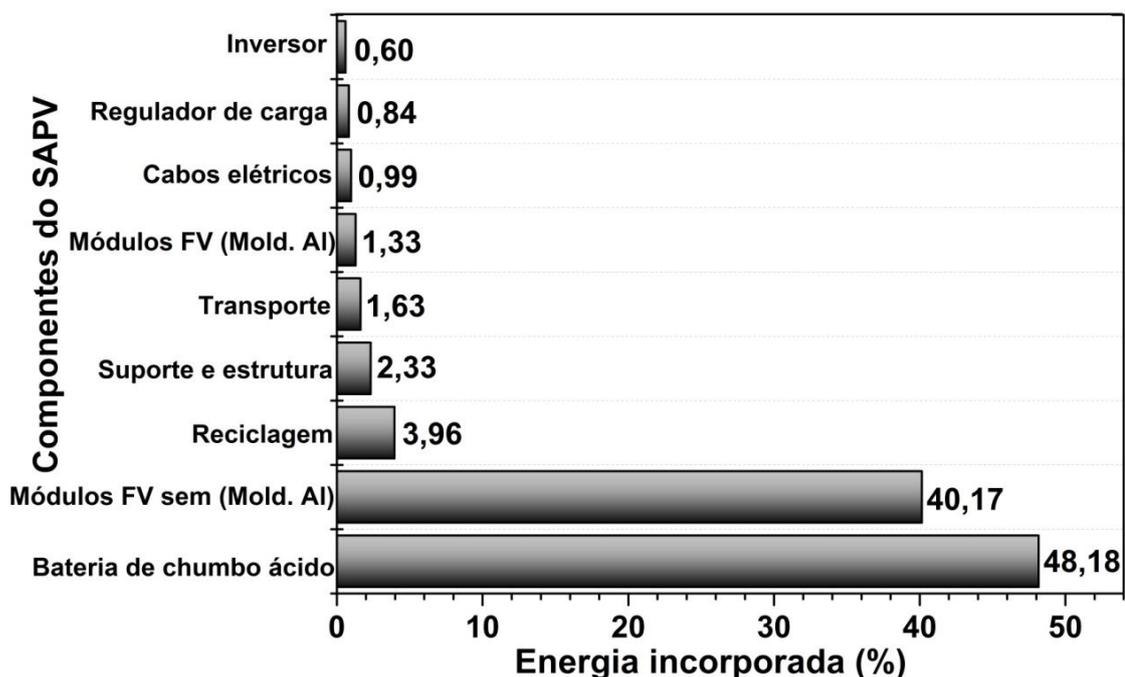


Figura 34: Distribuição do balanço de energia do SAPV, na comunidade de Sobrado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

A distribuição de energia incorporada, considera o uso de energia primária em ( $MWh_{th}$ ), pois a maior proporção das entradas de energia é exigida pela unidade funcional, na fase de produção, pela implementação dos processos produtivos dos componentes eletroeletrônicos dos sistemas de geração FV. A maior intensidade energética está relacionada ao processo de transformação de matéria-prima em produto, pelo uso de energia térmica para a produção das baterias de chumbo ácido, com 48,18% de toda energia consumida no processo de fabricação e 40,17% para os módulos FV de silício monocristalino (mc-Si).

#### 4.2.4 Cálculo do EPBT e Taxa de emissão por CO<sub>2</sub> (Avaliação de Impacto Ambiental do Ciclo de Vida - AIACV)

A avaliação do ciclo de vida (ACV), para o SAPV proposto para a comunidade de Sobrado, considerou a análise do tempo de *payback* da energia, a partir da distribuição de energia térmica incorporada, convertida em energia elétrica pela aplicação do fator de conversão termelétrica ( $\eta_{th-el}$ ). A razão considerou a energia total incorporada de todos os componentes eletroeletrônicos do sistema FV de geração em equivalente elétrico de ( $MWh_{el}$ ), sobre o consumo anual de energia elétrica da

instalação predial de Murcia em ( $MWh_{el}/ano$ ), conforme a estruturação teórico-conceitual da ACV.

O *EPBT* obtido pela produção anual de eletricidade ( $E_{USE, pr}$ ) é mostrado pela Tabela 12, com o uso da equação (2) para o sistema SAPV, da universidade de Murcia na Espanha, com aplicação deste método para a sede da APASCO e para o sistema FV conectado à rede de 10 kWp em Manaus.

Tabela 12: *EPBT* para o método de produção anual de energia elétrica ( $E_{USE, pr}$ )  
Fonte: Elaborado pelo autor

Produção Anual de Energia Elétrica	$E_{EMB, el}$ (MWh)	$PR$	$H_i$ ( $kWh/m^2/ano$ )	$P_{STC}$ (W)	$G_{STC}$ ( $kWh/m^2$ )	$E_{USE, pr}$ ( $kWh/ano$ )	$E_{USE, pr}$ (MWh/ano)	<i>EPBT</i> (anos)
Universidade de Murcia	45,70	0,62	1,93	4.244,16	1,00	5.084,00	5,10	8,99
Comunidade de Sobrado	182,80	0,77 <sup>b</sup>	4,92	16.976,64	1,00	64.314,30	64,30	2,84
Consumidor da residência do tipo <i>Home Office</i>	108,80	0,77 <sup>b</sup>	4,92	9.616,26	1,00	36.430,24	36,40	2,99

O *EPBT* mostra a situação na sede da APASCO considerando a energia elétrica equivalente incorporada em todos os componentes do sistema FV, sendo  $E_{EMB, el} = 182,80 MWh_{el}$ , para uma produção anual de energia elétrica de  $64,30 MWh_{el}$ , pela razão ( $E_{EMB, el} / E_{USE, pr}$ ), resultando em 2,84 anos no tempo de *payback* da energia, atendendo plenamente o suprimento de energia, referente a estimativa para as duas condições de consumo anual de energia elétrica.

A Tabela 13 mostra o *EPBT* pela aplicação da equação (1), considerando o consumo anual de energia elétrica para o SAPV da comunidade de Sobrado. Em que demonstra inicialmente o período de baixa estação com  $E_{EMB, el} = 182,80 MWh_{el}$ , e com um consumo anual de eletricidade em  $24,50 MWh_{el}$ , para *EPBT* de 7,45 anos correspondendo ao período de menor demanda de energia. E para um período de alta estação com o  $E_{EMB, el} = 182,80 MWh_{el}$ , com um consumo anual de energia elétrica em  $E_{USE, el}$  de  $59,57 MWh/ano$ , para um *EPBT* de 3,07 anos.

Tabela 13: EPBT pelo método do consumo anual de energia elétrica (EUSE, el)  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Consumo anual de energia elétrica	$E_{EMB}$ (MWh, th)	$\eta_{th-el}$ 35%	$E_{EMB, el}$ (MWh, el)	$E_{USE, el}$ (kWh/ano)	$E_{USE, el}$ (MWh/ano)	EPBT (anos)
Universidade de Murcia	130,55	0,35	45,69	5.028,20	5,02	9,08
Comunidade de Sobrado	522,16	0,35	182,80	24.528,00	24,50	7,45
Comunidade de Sobrado	522,16	0,35	182,80	59.568,00	59,60	3,07
Consumidor residencial do tipo Home Office	149,14	0,35	52,20	35.636,20	35,60	1,46

O resultado em um *payback* de energia de 7,45 anos, com decréscimo de 1,63 anos se comparado com o *payback* de energia para um sistema geração FV de 4,20 kWp, com um consumo anual de energia elétrica em 5,02 MWh/ano. Por meio desta análise atribuímos duas condições de comparação para uma obtenção diferenciada no EPBT para um consumo anual de energia elétrica, sendo este de 7,45 anos correspondendo a uma baixa estação na produção de polpa de fruta e pescado regional para a comunidade de Sobrado, no Estado do Amazonas.

O perfil do consumo anual de energia elétrica em 59,60 MWh/ano, viabiliza a redução do tempo de *payback* da energia para o sistema FV de 16,80 kWp em 3,07 anos, o que corresponde um decréscimo de 6,01 anos se comparado com o EPBT do sistema fotovoltaico de 4,20 kWp em Murcia.

E uma redução de 4,38 anos se comparado com o mesmo sistema FV da comunidade de Sobrado, considerando um consumo anual de energia elétrica em 24,50 MWh/ano, para baixa estação de armazenagem de pescado e polpa de fruta.

A viabilidade na redução do tempo de *payback* da energia, para os (SAPV), depende diretamente do consumo anual de energia elétrica da carga em relação à geração FV, sem se exceder na potência nominal de saída dos inversores.

A análise comparativa do resultado para o cálculo do EPBT foi ampliado para um sistema de geração FV conectado à rede elétrica em uma residência do tipo *home office* em Manaus, demonstrando as diferenças entre o SAPV instalado na

comunidade de Sobrado com 16,80 kWp, em relação a um sistema de geração FV de 10kWp, com uma energia elétrica incorporada em todos componentes eletroeletrônicos, na fase de produção em  $E_{EMB,el} = 108,80 \text{ MWh}_{el}$ , excetuando a energia incorporada para a produção do banco de baterias e controladores de carga, sendo a produção anual de energia elétrica em 36,43 MWh/ano, obtendo o *EPBT* em 2,99 anos.

O cálculo do *EPBT* para o sistema FV conectado à rede de 10kWp, para residência do tipo *home office* em Manaus, considera a energia térmica incorporada utilizada para a fase de produção dos componentes eletroeletrônicos em  $E_{EMB} = 149,14 \text{ MWh}_{th}$ , aplicando o fator de conversão termelétrica de 35%, onde se obtém o equivalente de energia elétrica incorporada para os componentes do sistema de geração FV em  $E_{EMB,el} = 52,20 \text{ MWh}_{el}$  e o consumo anual de energia elétrica  $E_{USE,el} = 35,60 \text{ MWh/ano}$ , para um *EPBT* de 1,46 anos.

A estimativa do tempo de *payback* da energia, resultou na redução do tempo de recuperação da energia empregada desde a fase de produção do sistema FV, demonstrando a otimização nas tomadas de decisões, fundamentadas para a escolha do melhor sistema de geração FV na modalidade *SAPV* para o uso em localidades remotas como Murcia na Espanha com potência de 4,20 kWp e, em comunidades isoladas como a de Sobrado com capacidade de serem replicadas para outros projetos de eletrificação rural, envolvendo a avaliação do ciclo de vida.

As comparações com o sistema de geração FV conectada à rede elétrica de 10 kWp em Manaus, demonstrou um dos melhores resultados por apresentar uma menor intensidade energética e reduzidas emissões de GEE por CO<sub>2</sub>, com um ciclo de vida do sistema FV, estimado em 20 anos, por não necessitar de baterias e controladores de carga, com a possibilidade de ampliação do ciclo de operação da miniusina FV.

#### **4.2.5 Avaliação de impacto ambiental da ACV para o *SAPV* da comunidade de Sobrado**

A avaliação do impacto ambiental é delimitada para os GEE pela emissão de CO<sub>2</sub>, incluindo a geração diesel na modalidade isolada, além de três sistemas de geração FV sendo dois na modalidade autônoma com potência de 4,20 kWp na universidade

de Murcia, e para potência de 16,80 kWp instalado na comunidade de Sobrado no Estado do Amazonas e um terceiro sistema de geração fotovoltaica de 10 kWp conectado à rede elétrica em uma residência do tipo *home office* em Manaus, para obtenção da taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, referente a Avaliação do Impacto Ambiental do Ciclo de Vida.

Os resultados das taxas de emissões em CO<sub>2</sub>, foram obtidos por meio da (equação 3), envolvendo um sistema de geração diesel elétrico sem a penetração da rede elétrica convencional ou com a adição de fontes renováveis de energia, pela adoção do SAPV como ocorreu na Universidade de Murcia e na comunidade isolada de Sobrado de com uma miniusina de 16,8 kWp e em um sistema FV conectado à rede elétrica convencional em Manaus em uma residência do tipo *home office* com uma potência instalada de 10 kWp.

$$GHGe-rate = \frac{GHGe-total}{ELCA-output} = \frac{GHGPV+GHGBOS}{ELCA-output} \quad (3)$$

A Figura 35 mostra o gráfico com as taxas de emissões de CO<sub>2</sub>, para o suprimento de energia elétrica na condição de geração pelos índices (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) e (h) pela aplicação das equações 2 e 3.

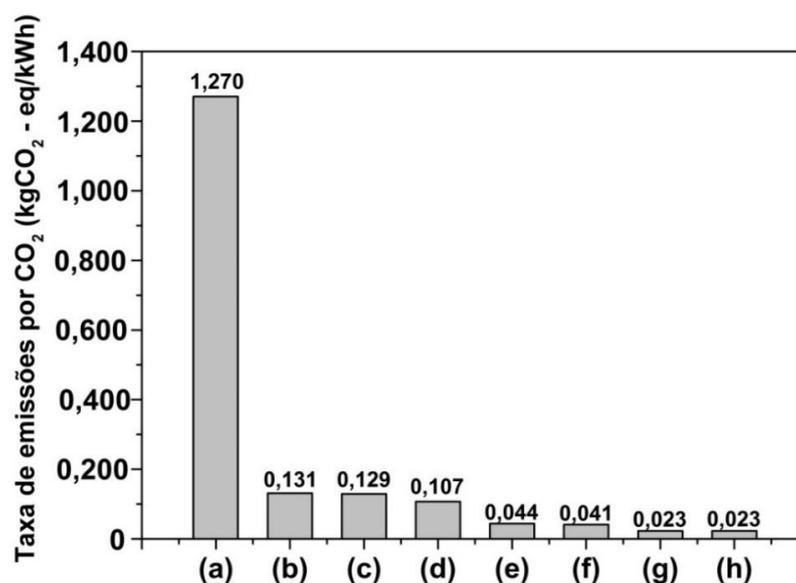


Figura 35: Taxas de emissões de CO<sub>2</sub>  
Fonte: Elaborado pelo autor

A condição de geração (a) corresponde a taxa de emissão de CO<sub>2</sub>, atribuído para o gerador diesel em 1,270 kg de CO<sub>2</sub>-eq/kWh<sub>el</sub>, incluindo as fases de extração, refino do petróleo e na produção de óleo diesel, fabricação do gerador diesel-elétrico e o transporte de combustível para um trajeto acima de 100 km, até a conversão térmica do combustível em energia mecânica, para a condição de geração diesel isolada sem conexão elétrica com a rede convencional de energia.

O alto valor na emissão de gases de efeito estufa (*greenhouse gas* – **GHG**) por CO<sub>2</sub>, produzidos pela geração diesel isolada, compara com as emissões de CO<sub>2</sub> evitadas na fase de operação do sistema SAPV empregada na comunidade isolada de Sobrado no Estado do Amazonas, sem a penetração pela geração fóssil por óleo diesel.

O sistema eletricamente isolado e descentralizado de geração FV, para condições de geração (b) e (c) na universidade de Murcia, apresentou a taxa de emissão de CO<sub>2</sub> em 0,131 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh, considerando o método do consumo anual de energia elétrica; a taxa de emissão obtida pelo método da produção anual de energia elétrica em 0,129 kg CO<sub>2</sub>-eq/kWh, proporcionando a comparação dos valores obtidos pelos métodos propostos dando respaldo ao resultado obtido pela aplicação do método da produção anual de energia elétrica.

As condições (d) e (e) de geração pelo (SAPV), da comunidade isolada de Sobrado, corresponde a taxa de emissão em CO<sub>2</sub>, onde o decréscimo do consumo anual de energia elétrica é explicado para período de baixa estação na produção e armazenamento de polpa de fruta e pescado, resultando em uma taxa de emissão por CO<sub>2</sub> de 0,107 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh, e no período de alta estação, temos a taxa de emissão de CO<sub>2</sub> em 0,044 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh.

A condição de geração (f), considera a energia elétrica gerada anualmente pelo (SAPV) para o período de 20 anos, atribuído ao ciclo de vida dos módulos FV (mc-Si), utilizando a equação 2, para o sistema FV de Sobrado, resultando em uma taxa de emissão de CO<sub>2</sub> em 0,041 kgCO<sub>2</sub>-eq./kWh.

O sistema FV conectado à rede de 10kWp do tipo *home office* em Manaus, está inserido para a condição de geração (g), para uma taxa de emissão em **GHG<sub>e-rate</sub>** de 0,023 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh, pois como se trata de um sistema de geração FV, conectado à

rede no **GHG<sub>Bos</sub>**, não se inclui a massa referente às emissões de CO<sub>2</sub> para o banco de baterias e o controlador de carga, pois são dispensáveis no sistema de geração conectado à rede, contabilizando apenas a massa de CO<sub>2</sub>, para os módulos FV **GHG<sub>PV</sub>** e os componentes eletroeletrônicos do sistema FV como moldura de alumínio para módulos FV, inversor bidirecional para conexão com a rede elétrica, suporte e estruturas metálicas em aço galvanizado e cabos elétricos.

A condição de geração (**h**) refere-se também à residência do tipo *home office* de Manaus, conectado à rede com 10 kWp de potência, obtendo uma taxa de emissão de CO<sub>2</sub> em **GHG<sub>e-rate</sub>** de 0,023 kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh, considerando o consumo anual de energia elétrica para um ciclo de vida de 20 anos referente aos módulos FV.

A comparação, por meio da Figura 39, para as emissões de CO<sub>2</sub> identificam alternativas no suprimento de eletricidade entre os sistemas diesel de geração isolada, sistemas SAPV de 4,20 kWp e 16,80 kWp, sistema FV, conectado à rede de 10 kWp em Manaus, que são demonstrados por meio de resultados diferenciados, obtidos entre as opções de suprimento energéticos, entre sistemas elétricos isolados e descentralizados e conectados à rede elétrica para o Estado do Amazonas.

A Tabela 14 considera diferentes causas e fatores para os sistemas de geração FV como o nível da irradiação solar, eficiência dos módulos, tipos de instalação, tecnologia de manufatura, ganho da irradiação solar pelos países, para a cidade de Manaus e na comunidade isolada de Sobrado/AM, que influenciam na obtenção do tempo de *payback* da energia *EPBT* e as taxas de emissão de CO<sub>2</sub>, para a tecnologia de silício monocristalino (mc-Si), demonstrado pelo resultado (6), com a emissão de CO<sub>2</sub> de 0,030 kg para o Sul da Europa com um *payback* de energia de 1,75 anos, com uma estimativa de 30 anos de geração para os módulos FV's. O *EPBT* mais longo foi encontrado no Reino Unido para o resultado (1) em um intervalo de 7,40 anos até 12 anos, com 20 anos de geração por módulos FV, não aplicado a estimação da emissão de CO<sub>2</sub>.

O resultado (9) representa a comunidade isolada de Sobrado/AM com a obtenção do *EPBT* em 7,45, 3,07 e 2,84 anos, pela aplicação do método de produção e consumo anual de energia elétrica, com uma taxa de emissão de CO<sub>2</sub> de 0,107 kg, 0,044 kg e 0,041 kg, com uma estimativa de geração para módulos FV's em 20 anos, com a

substituição das baterias de chumbo ácido por descomissionamento de 8 a 10 anos para o SAPV.

Tabela 14: Resultados da ACV para sistemas FV's

Fonte: Elaborado pelo autor

Número de resultados	Localidade e irradiação [kWh/m <sup>2</sup> /ano]	Eficiência dos módulos [%]	Tempo de vida [Anos]	Fator de Correção [PR]	EPBT [Anos]	GHG [kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh <sub>e</sub> ]	Tipos de montagens e instalações do sistema FV	
1	Reino Unido [573 – 1.253]	12,00	20	0,80	7,40 a 12,10	N/A <sup>a</sup>	Com moldura de Al	
2	Japão [1.427]	12,20	20	0,81	8,90	0,061	Emissões de CO <sub>2</sub> para diferentes tipos de materiais: multi-Si, SiCl <sub>4</sub>	
3	Sul da Europa [1.700]	13,70	30	0,75	2,60	0,041	Com moldura de Al	
4	Sul da Europa [1.700]	14,00	30	0,75	2,10	0,035	Com moldura de Al	
5	Suíça [1.117]	14,00	30,00	0,75	3,30	N/A <sup>a</sup>	Montagem em telhado para inclinação de 30° a 45°	
6	Sul da Europa [1.700]	14,00	30,00	0,75	1,75	0,030	Instalação dos módulos FV's sem a moldura de Al (Montagem sobre telhado)	
7.a	Universidade de Murcia [1.932]	14,00	20,00	0,62	9,08	0,131	Montagem em estrutura metálica sobre cobertura de edifícios	
7.b					8,99			
8	China [1.702]	N/A <sup>a</sup>	N/A <sup>a</sup>	0,78	2,50	0,050	Instalação de sistemas FV's no deserto (geração em grande escala)	
9	Comunidade isolada de Sobrado/AM [4.900]	14,00	20,00	0,77 <sup>b</sup>	7,45 3,07 2,84	0,107 0,044 0,041	Instalação de arranjos FV's em estrutura de aço galvanizado	
10.a	Residência do tipo Home Office	14,00	20,00	0,77 <sup>b</sup>	2,99	0,023	Instalação de módulos FV's Sem moldura de (Al) (Montagem sobre telhado)	
10.b	Manaus/AM [4.900]				1,46			
11	Sistema Diesel Elétrico Isolado <sup>c</sup>	-----					1,270	Instalado em comunidade isolada sem a penetração da geração FV

(a): N/A: Não Aplicável);

(b): 0,77: National Renewable Energy Laboratory – NREL - 2015);

(c): Geração diesel não depende do ganho de irradiação solar [kWh/m<sup>2</sup>/ano]

O EPBT de 2,50 anos corresponde ao resultado (8) com uma emissão de 0,050 kg de CO<sub>2</sub>, para sistemas de geração FV de grande escala destinados para as regiões

desérticas da China. O número de resultado (10.a e 10.b) representa a cidade de Manaus/AM com o *EPBT* de 2,99 a 1,46 anos, resultante de um sistema FV conectado à rede elétrica de 10kWp, com uma estimativa de geração de 20 anos.

O *EPBT* obtido no Japão, pelo resultado (2), corresponde a 8,90 anos com uma taxa de emissão de 0,061 kg de CO<sub>2</sub>, pela aplicação do método de produção anual de energia elétrica, para 20 anos de geração para os módulos FV's. De forma similar, para a universidade de Murcia corresponde ao número de resultado (7.a pela aplicação do método da produção anual de eletricidade e 7.b pela aplicação do método de consumo anual de energia elétrica), com um *EPBT* de 9,08 anos e 0,131 kg de CO<sub>2</sub> e, 8,99 anos com uma emissão de 0,129 kg de CO<sub>2</sub>, com o ciclo de vida da geração dos módulos estimado em 20 anos.

O resultado (3) para o Sul da Europa obteve um *EPBT* de 2,60 anos com uma emissão de CO<sub>2</sub> de 0,041 kg e o resultado (4) para o mesmo país é de 0,035 kg de CO<sub>2</sub>, com um *EPBT* de 2,10 anos, já o resultado (5) corresponde a um *EPBT* de 3,30 anos para 30 anos de geração por módulos (mc-Si), não aplicado a estimação da emissão de CO<sub>2</sub>.

A avaliação dos resultados no estudo dos impactos ambientais da ACV na comunidade isolada de Sobrado resultou no maior balanço de massa para a fase de produção da bateria, como componente integrante do *SAPV*, com 19.296 kg, correspondendo a um consumo de energia térmica incorporada em 266,96 MWh<sub>th</sub>, ocupando 48,18% na distribuição do balanço de energia.

A distribuição do balanço de massa, para a emissão de CO<sub>2</sub> é de 24.442,84 kg, equivalente a 40,70% na distribuição para massa total de CO<sub>2</sub>, emitida pelas baterias nas fases de produção, construção, descomissionamento e reciclagem.

E no caso dos módulos FV's, as suas partes componentes pertinentes para esta avaliação são os módulos sem a moldura de alumínio, emitindo 20.808,28kg de CO<sub>2</sub>, ocupando 34,65% dessas emissões na distribuição. E em relação à distribuição da energia incorporada para os módulos FV's tem-se 221,72 MWh<sub>th</sub>, o que corresponde a 40,17% da distribuição, o que demonstra um maior impacto ambiental e energético para a bateria como componente do *SAPV* de 16,80 kWp da comunidade de Sobrado.

Os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub>, causados pela operação de transporte sobre a taxa de emissão dos GEE, demonstraram resultados crescentes em relação aos efeitos limitados sobre o total de energia incorporada e no balanço de massa das emissões de GEE por CO<sub>2</sub>, embora o transporte dos componentes do SAPV corresponda um acréscimo na distribuição de massa na emissão de CO<sub>2</sub> em 5.501 kg, ocupando 9,16% da distribuição total de massa por emissão de CO.

O sistema FV de 10 kWp para residência do tipo *home office* em Manaus, conectado à rede, apresentou o balanço de energia em E<sub>EMB, el</sub> de 52,20 MWh<sub>el</sub>, e um balanço de massa para as emissões de GHG por CO<sub>2</sub> em **GHG<sub>e-rate</sub>** de 0,023 kg, demonstrando ser o sistema FV mais eficiente energeticamente com reduzidas emissões de CO<sub>2</sub>.

#### **4.3. Os resultados da ASCV na comunidade isolada de Sobrado no Estado do Amazonas**

A aplicação do protocolo de coleta de dados, proporcionou a obtenção dos resultados da ASCV na comunidade isolada de Sobrado/AM, a partir da entrevista com os moradores de três localidades distintas: a primeira na sede da (APASCO), situado a 22 km do município de Novo Airão/AM; a segunda comunidade visitada foi no Igarapé de Sobrado a cerca de 1 km de distância da sede da comunidade de Sobrado, com acesso somente por via fluvial em canoas de madeira propulsadas por motores a gasolina de 3 HP; e a terceira comunidade do ramal da Terra Preta situada a 2km da sede da comunidade de Sobrado com acesso por meio de trilhas aberta na floresta.

Os resultados organizados na forma de gráficos apresentarão as legendas MIGDI que se refere à Minirrede de geração e distribuição SAPV; SIGFV ao Sistema individual de geração fotovoltaica; NAIS aos não atendidos do igarapé de Sobrado; e NARTP aos não atendidos do ramal da Terra Preta.

A questão nº 1, do instrumento de coleta de dados, corresponde às necessidades energéticas básicas dos moradores da comunidade isolada de Sobrado referente as quatro localidades: a 1ª na sede da (APASCO), com acesso à energia elétrica pela miniusina SAPV com minirrede de distribuição (MIGDI - SAPV). De acordo com a Figura 36, a menor necessidade energética por eletricidade é representada por 3,20% para a iluminação do centro comunitário, em seguida pela iluminação da escola rural

e cocção de alimentos, com 15,90%; e a maior necessidade energética é demandada para a iluminação da residência rural, correspondendo a 19,05%.

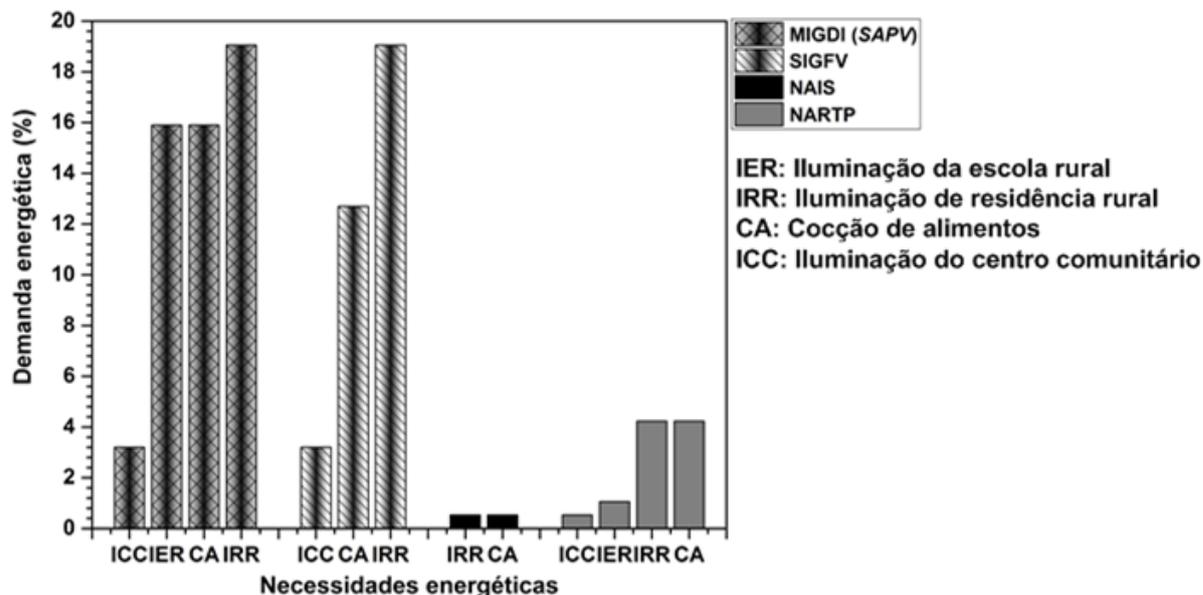


Figura 36: Demanda energética da comunidade isolada de Sobrado

Fonte: Elaborado pelo autor

Os moradores do igarapé de Sobrado possuem o fornecimento de eletricidade garantido por sistemas individuais de geração FV, onde a menor necessidade energética é demanda pela iluminação do centro comunitário em 3,20%, a cocção de alimentos em 12,70% e 19,05% pela iluminação da residência rural (IRR). Para o morador isolado do igarapé de Sobrado a suas necessidades energéticas são de 0,53% para a cocção de alimentos e na iluminação da residência rural, este residente da comunidade e não possui acesso à energia elétrica pelo programa de eletrificação rural PLpT, nem recursos para custear as despesas com combustível e peças para manutenção de pequenos geradores a gasolina ou diesel de 1,50 kW, assim como recursos financeiros para aquisição de sistemas individuais de geração FV SIGFV.

Os moradores do ramal da Terra Preta também não possuem o acesso à energia elétrica pelo programa de eletrificação rural (PLpT), nem por pequenos geradores a gasolina ou diesel, assim como por sistemas individuais de geração FV (SIGFV) e as suas necessidades energéticas são de 0,53% para a iluminação do centro comunitário, 1,06% para iluminação da escola rural, 4,23% para a iluminação de residência rural e 4,23% para a cocção de alimentos.

A demanda energética para todas as categorias de unidades consumidoras, conforme a Figura 37, incluindo os moradores isolados sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado e do ramal da Terra Preta, corresponde a 43% de suas necessidades por energia elétrica para a iluminação das residências rurais, 33% para cocção de alimentos, 17% para a iluminação da escola rural no período noturno e 7% para a iluminação do centro comunitário para as atividades de integração sócio comunitárias.

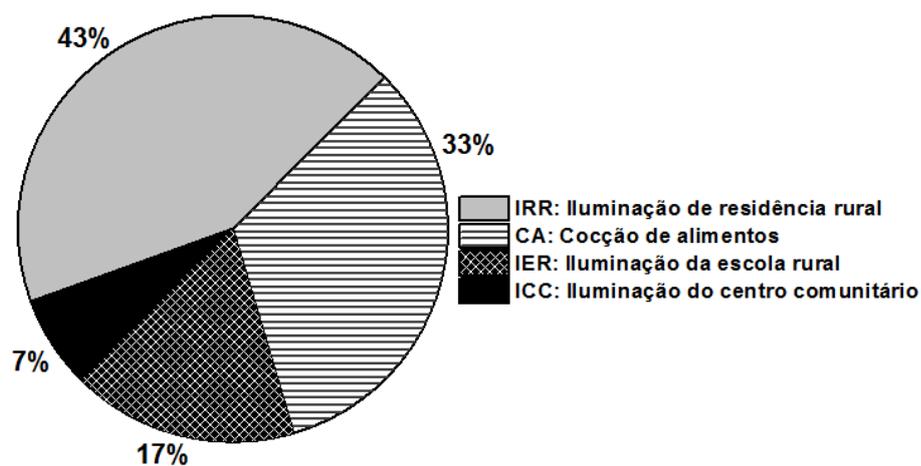


Figura 37: Demanda energética de todas as UC's  
Fonte: Elaborado pelo autor

A demanda reprimida requerida para a iluminação da residência rural representa a maior das necessidades entre os moradores das quatro localidades distintas da comunidade isolada de Sobrado antes e depois da instalação do MIGDI - SAPV e SIGFV, principalmente na área externa entre uma residência e outra, assim como no percurso em trilhas dentro da floresta entre a lavoura e as micro unidades funcionais de produção da farinha de mandioca, por estarem desprovidas pelo dimensionamento dos sistemas FV's elaborado pelo PLpT.

A questão nº 2 corresponde aos recursos energéticos para iluminação utilizados na comunidade isolada de Sobrado nas quatro localidades sede da APASCO, SIGFV, NAIS e NARTP, mostrados pela Figura 38.

Os recursos energéticos utilizados na sede da APASCO, como iluminantes de ambientes externos e internos de residências rurais, e percursos internos de interligação por pequenas trilhas dentro da floresta, entre a microunidade funcional de produção de farinha de mandioca, desprovidos de luminárias elétricas, são de 6,90%

de utilização de lamparina de óleo diesel e vela de parafina, com 41,38% de utilização de lamparina diesel.

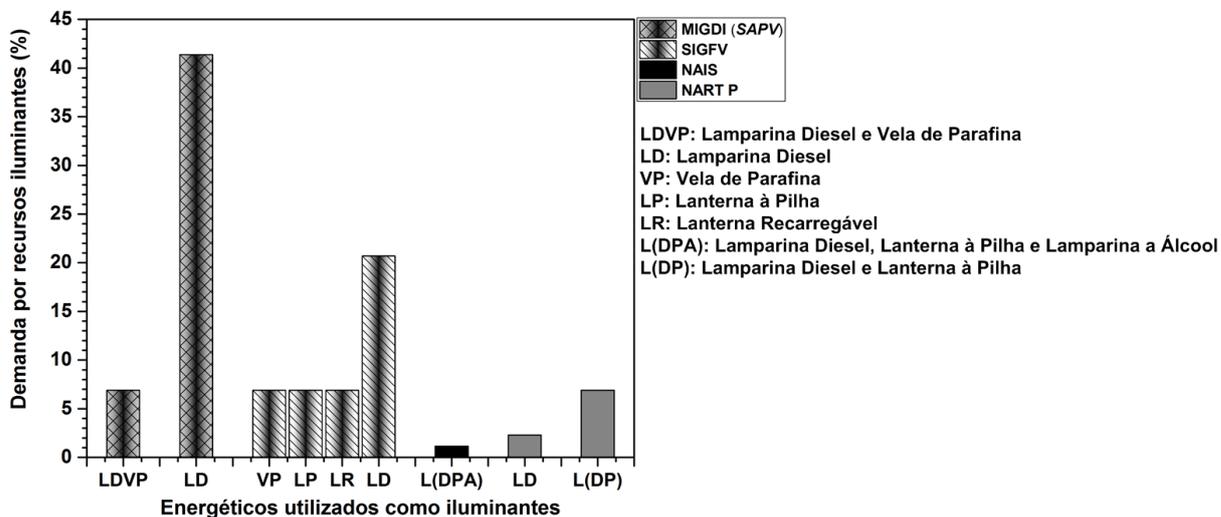


Figura 38: Demanda por energéticos iluminantes

Fonte: Elaborado pelo autor

No igarapé de Sobrado, com o sistema individual de geração FV, os recursos energéticos utilizados para iluminar os ambientes externos e internos de residências rurais, e percursos internos de interligação por pequenas trilhas dentro da floresta, entre a microunidade funcional de produção de farinha de mandioca, desprovidos de luminárias elétricas, correspondem a 6,90% de utilização de vela de parafina, 6,90% de lanternas à pilha, 6,90% de lanterna recarregável, 20,69% de lamparina diesel.

Para o morador isolado do igarapé de Sobrado as suas necessidades energéticas são de 1,15% para a iluminação da residência rural, pelo uso de lamparina diesel, lanterna à pilha e recarregável.

As necessidades energéticas por recursos iluminantes, para os moradores do ramal da Terra Preta, são de 2,30% para lamparina diesel e 6,90% para lamparina diesel e lanterna à pilha.

A demanda energética por recursos iluminantes para todas as categorias de unidades consumidoras, segundo a Figura 39.

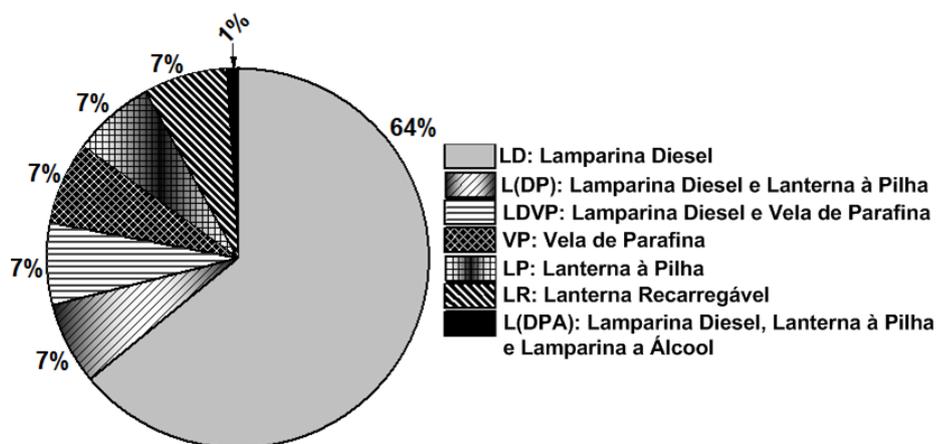


Figura 39: Demanda por energéticos e recursos iluminantes para todas as UC's  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os moradores isolados sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado e do ramal da Terra Preta, demandam por 64% para o uso de lamparinas a óleo diesel, 7% para lamparina diesel e lanterna à pilha, 1% para lamparina diesel, lanterna à pilha e lamparina a álcool, 7% para lamparina diesel e vela de parafina, 7% vela de parafina, 7% de lanterna à pilha e 7% para lanterna recarregável.

A questão nº 3 corresponde aos recursos energéticos para cocção de alimentos utilizados na comunidade isolada de Sobrado, mostrados pela Figura 40.

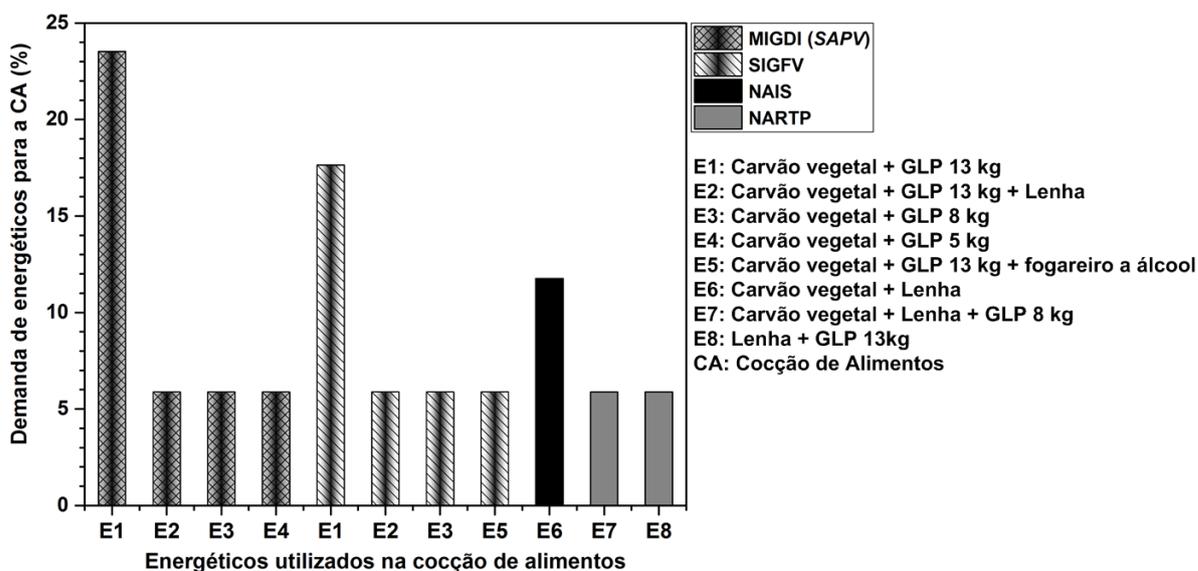


Figura 40: Demanda de energéticos para a cocção de alimentos  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os recursos energéticos utilizados pelos moradores do igarapé de Sobrado, com sistema individual de geração FV SIGFV, com as combinações energéticas E1 a E4 sendo as mesmas adotadas na sede da (APASCO), diferenciando-se apenas pela combinação energética E5 de 5,88% com a participação de carvão vegetal, GLP 13 kg e fogareiro a álcool.

Os recursos energéticos utilizados para a cocção de alimentos, pelos moradores sem o acesso à energia elétrica do igarapé de Sobrado e ramal da Terra Preta, possuem as combinações E6 de 11,76% carvão vegetal e lenha; E7 de 5,88% carvão vegetal, lenha e GLP de 8kg e E8 de 5,88% de lenha e GLP de 13kg.

A combinação de recursos energéticos adotada por todas as categorias de moradores da comunidade isolada de Sobrado, inclui as quatro localidades na sede da APASCO, SIGFV, NAIS e NARTP, segundo a Figura 41.

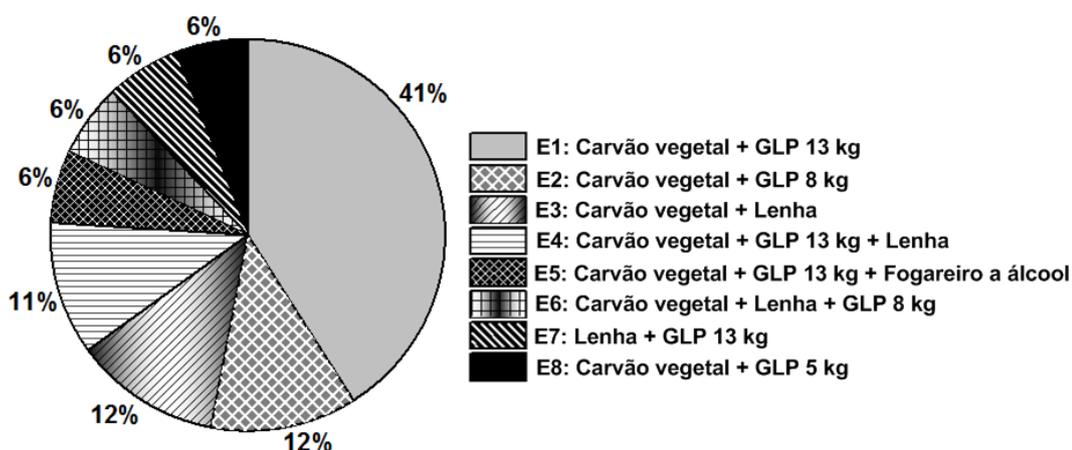


Figura 41: Demanda por energéticos para a cocção de alimentos de todas as UC's  
Fonte: Elaborado pelo autor

A combinação de energéticos E1 corresponde a 41% com carvão vegetal e GLP de 13kg; E2 - 12% para carvão vegetal e GLP de 8 kg; E3 - 12% para carvão vegetal e Lenha, E4 - 11% com carvão vegetal, GLP de 13 kg e Lenha; E5 - 6% carvão vegetal, GLP 13 kg e Fogareiro a álcool; E6 - 6% de Carvão vegetal, Lenha e GLP 8 kg; E7 - 6% Lenha e GLP de 13 kg; E8 - 6% Carvão vegetal e GLP de 5 kg. A penetração das fontes modernas de energia como o GLP de 13 kg, 8 kg e 5kg possui uma baixa participação de complementação energética para a cocção de alimentos com a autonomia de tempo de 20 dias a 1095 dias, discutidas na questão 05.

O uso de fontes tradicionais como o carvão vegetal e lenha possuem uma maior participação por se tratarem de recursos energéticos disponíveis localmente para cocção de alimentos, ampliando a autonomia de fontes modernas de energia como o GLP, onde a biomassa tradicional atua como poupador energético.

A questão nº 4 corresponde ao tipo de alimento com maior consumo de energético para a cocção de alimentos utilizados na comunidade isolada de Sobrado, mostrados pela Figura 42. O alimento com maior tempo de cocção é o feijão 43,30% na sede da APASCO, os outros tipos de alimentos incluídos no protocolo de coleta de dados não foram indicados pelos entrevistados.

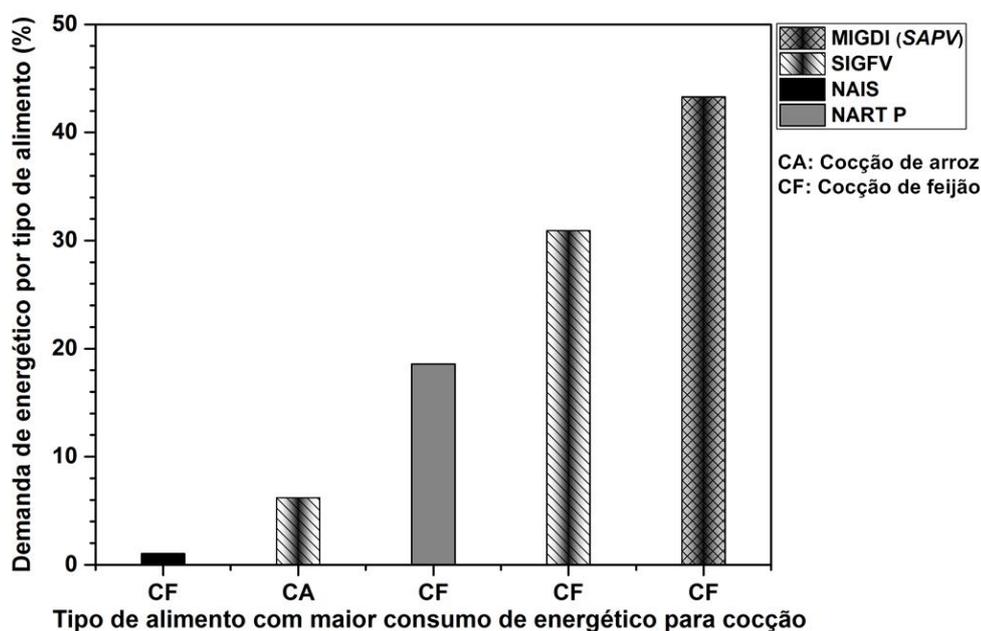


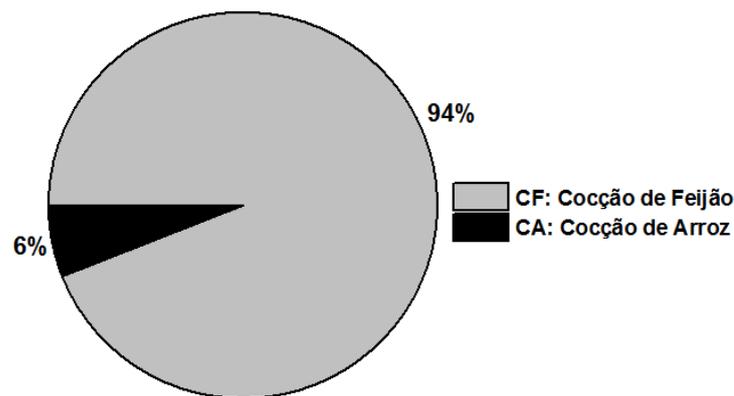
Figura 42: Tipo de alimento com maior consumo de energéticos para a cocção  
Fonte: Elaborado pelo autor

Entre os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV SIGFV a cocção de feijão obteve 39,93% como o alimento com o maior tempo requerido para o cozimento e 6,19% para a cocção do arroz, proporcional a maior demanda de energia necessária para o cozimento destes alimentos.

Para o morador sem o acesso à energia elétrica do igarapé de Sobrado a cocção do feijão corresponde a 1,03%, com reduzida participação por se tratar de um único morador sem família, assim como pelo maior consumo de alimentos oriundos da pesca, com a produção própria de farinha de mandioca e pela coleta de frutos silvestres regionais. Para os moradores do ramal da Terra Preta o feijão corresponde

a 18,56% como alimento com maior consumo de energético, abatendo e aumentando a autonomia de utilização no consumo do GLP pelo uso do carvão vegetal e lenha, destinado para a cocção de alimentos que necessitem de um maior tempo de cozimento.

O tipo de alimento com maior consumo de energético para a cocção de alimento, envolvendo todas as categorias de UC's, é o feijão, de acordo com a Figura 43.



*Figura 43: Distribuição do tipo de alimento com maior consumo de energéticos  
Fonte: Elaborado pelo autor*

O seu cozimento representa 94%, em quanto 6% corresponde à cocção de arroz; embora o arroz, por exemplo, seja frequentemente substituído pela farinha na dieta alimentar dos moradores da CI de Sobrado. O consumo de farinha de mandioca é a fonte principal de carboidrato dos moradores que, embora seja um alimento que demande de maior tempo para o processo de cozimento da massa de mandioca e no processo de torrefação, é viabilizado pela oferta de biomassa tradicional, na forma de lenha, por meio da floresta local. A farinha de mandioca não necessita de cozimento complementar como o arroz e o feijão, assim como para sua conservação não é necessário o uso de refrigeradores, tornando-se um alimento essencial na cadeia alimentar, associado ao pescado como fonte de proteína regional obtido pela pesca artesanal como recurso alimentar local.

A questão nº 5 corresponde ao tempo médio de autonomia das botijas de GLP de 13 kg, 8 kg e 5 kg pelas unidades consumidoras UC's, na comunidade isolada de Sobrado, mostrados pela Figura 44.

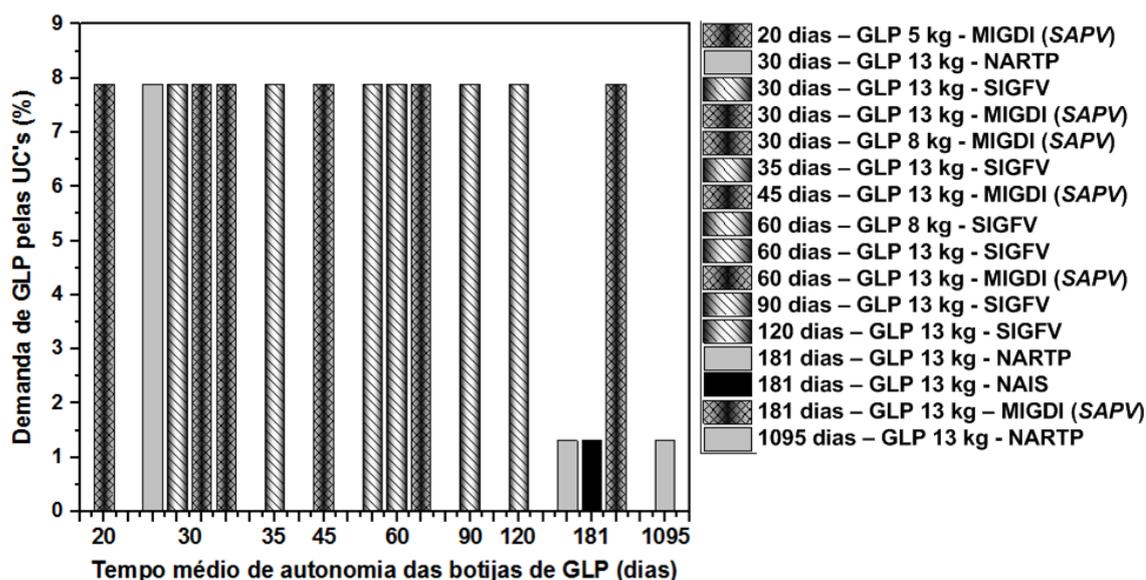


Figura 44: Tempo médio de duração de botijas de GLP

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo médio de autonomia das botijas de GLP na sede da APASCO – MIGDI - SAPV é de 20 dias para botija de GLP de 5 kg com 7,89%, 30 dias para botijas de 13 e 8 kg com 7,89%, 45 dias para botija de GLP de 13 kg com 7,89%, 60 dias com botija de GLP de 13 kg com 7,89%, 181 dias com botija de GLP de 13 kg com 7,89%.

Os moradores do igarapé de Sobrado, com sistema individual de geração FV SIGFV, têm o tempo médio de autonomia da botija de GLP de 13 kg em 30 dias com 7,89%, 35 dias para botija de GLP de 13kg com 7,89%, 60 dias para botija de GLP de 8 kg e 13 kg com a mesma proporção de 7,89% na distribuição, 90 dias para botija de GLP de 13 kg com 7,89%, 120 dias para botija de GLP de 13 kg com 7,89%.

Os moradores sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) têm 181 dias de autonomia para botija de GLP de 13 kg com 1,23% da distribuição. Entre os moradores do ramal da Terra Preta (NARTP), dois residentes mantêm 181 dias de autonomia para botija de 13 kg com 1,23% da distribuição e apenas um único morador tem uma autonomia de 1095 dias para uma botija de 13 kg com 1,23% da distribuição.

A Figura 45 mostra os tipos de botijas de GLP, usados por todas as unidades consumidoras da comunidade isolada de Sobrado.

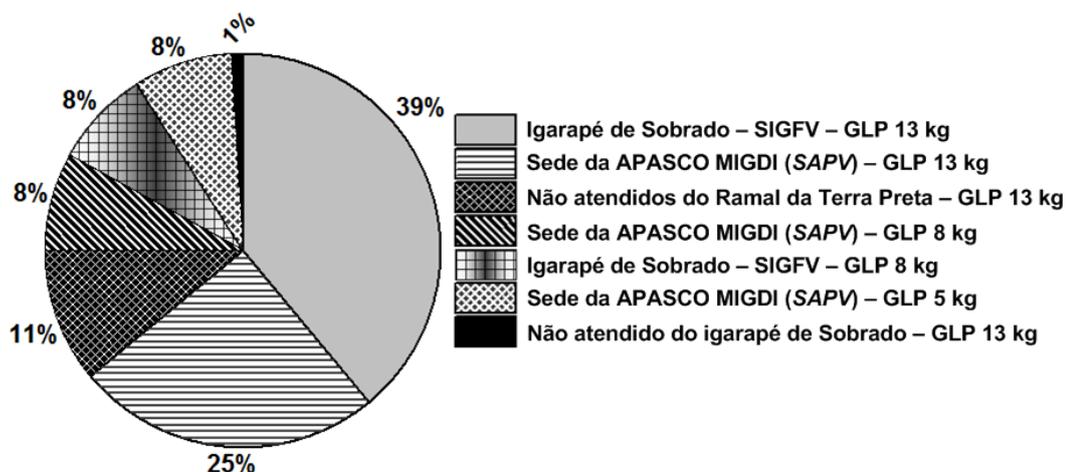


Figura 45: Tipos de botijas usadas por todas as Unidades Consumidoras  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Esse tempo corresponde a 39% para as botijas de GLP de 13 kg, considerando todos os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV; 25% para todos os moradores da APASCO – MIGDI – SAPV com botija de GLP de 13 kg; 11% para todos os moradores do ramal da terra preta com botijas de GLP de 13 kg; 8% para as botijas de GLP de 8 kg para morador da APASCO – MIGDI –SAPV; 8% para botija de GLP de 8 kg para morador com sistema individual de geração FV; 8% para botija de GLP de 5 kg para morador da APASCO – MIGDI –SAPV e 1% para botija de GLP de 13 kg para morador do igarapé de Sobrado sem acesso à eletricidade.

A ampliação do tempo médio de autonomia das botijas de GLP de 13 kg, 8kg e 5kg depende da penetração de uso da biomassa disponível localmente por meio do carvão vegetal e lenha na proporção de 60% de biomassa, com 40% de carvão vegetal e 20% de lenha, com apenas 40% de GLP; a proporção de 70% de biomassa com 45% de carvão vegetal e 25% de lenha, com 30% de GLP disponível para cocção de alimentos; 80% de biomassa com 65% de carvão vegetal e 15 % de lenha, com 20% de GLP disponível para cocção; 99% de biomassa com 90% de carvão vegetal e 9% de lenha, com 1% de disponibilidade de GLP para cocção.

O maior uso do carvão vegetal resulta da praticidade pela menor concentração de água, facilitando a combustão, por se tratar de uma madeira submetida a um processo de queima em fornos de argila, agilizando o processo de cocção dos alimentos. A lenha é mais utilizada para assar peixes, para o escaldamento da massa de mandioca crua e na torrefação da massa de mandioca cozida, sendo um energético mais

disponível na forma de resíduos florestais dentro da comunidade isolada de Sobrado. Assim, não há uma despesa adicional para a aquisição das botijas de GLP de 13kg realizadas na sede do município de Novo Airão.

A questão nº 6 corresponde à geração de energia elétrica antes da instalação do SAPV e SIGFV. Em que a sua utilização foi destinada para as duas localidades distintas da comunidade, na sede da APASCO e SIGFV. A condição IS corresponde a geração realizada por pequenos geradores a gasolina para uma faixa de potência de 1,0 – 2,2 kVA no igarapé de Sobrado que alcançava 16,67% das residências rurais de 16 m<sup>2</sup> com três compartimentos, uma sala e dois quartos, para iluminação dos compartimentos internos no período noturno das 18:00 às 22:00 horas, mostrados pela Figura 46.

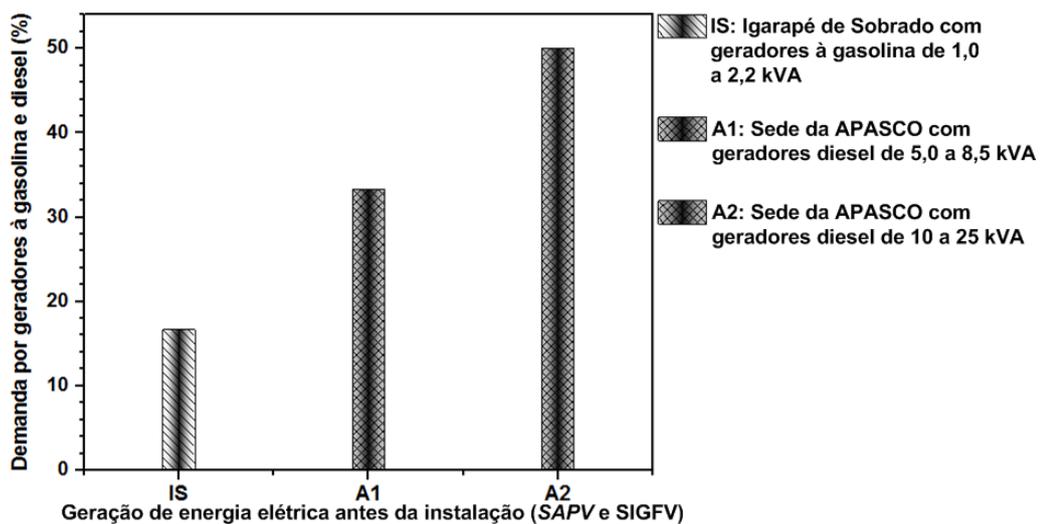


Figura 46: Geração de energia elétrica antes da instalação do SAPV e SIGFV

Fonte: Elaborado pelo autor

O fornecimento intermitente de eletricidade possibilita o lazer e o acesso às informações a nível regional, nacional e internacional, pelos jornais televisivos e novelas, no período de recesso escolar de 19 de dezembro a 17 de abril, por meio da sintonização de canais abertos, pelo aparelho de televisor, com receptor de antena parabólica, para aglomeração de quatro famílias, totalizando 24 pessoas. A obtenção destes geradores por parte destes moradores da CI de Sobrado foi proveniente do Instituto de Desenvolvimento Agrário do Estado do Amazonas - IDAM e de programas federais de desenvolvimento rural.

A sede da APASCO corresponde a condição A1, com 45% das necessidades energéticas atendidas por um pequeno gerador diesel entre os anos de 2000 a 2005, em uma faixa de potência de 5,0 – 8,5 kVA, para o uso da iluminação das residências rurais, com as mesmas condições de utilização da energia elétrica pelos moradores do igarapé de Sobrado, para a alimentação de aparelhos eletroeletrônicos.

No período letivo iniciado em 18 de abril, o uso da eletricidade era destinado a iluminação da escola municipal rural São José. No período de 2006 a 07 de julho de 2011, até o dia anterior a inauguração da miniusina SAPV pelo PLpT, a condição A2 corresponde a 50% de atendimento das necessidades por eletricidade provida por um gerador diesel de 10 a 25 kVA. A repotenciação do gerador diesel, no período de 2006 a 2011, não proporcionou o fornecimento de eletricidade em regime contínuo sendo o seu uso restrito para apenas quatro horas de geração por dia.

A geração de energia elétrica, antes da instalação do SAPV e SIGFV, para as duas categorias de UC's, é mostrada pela Figura 47.

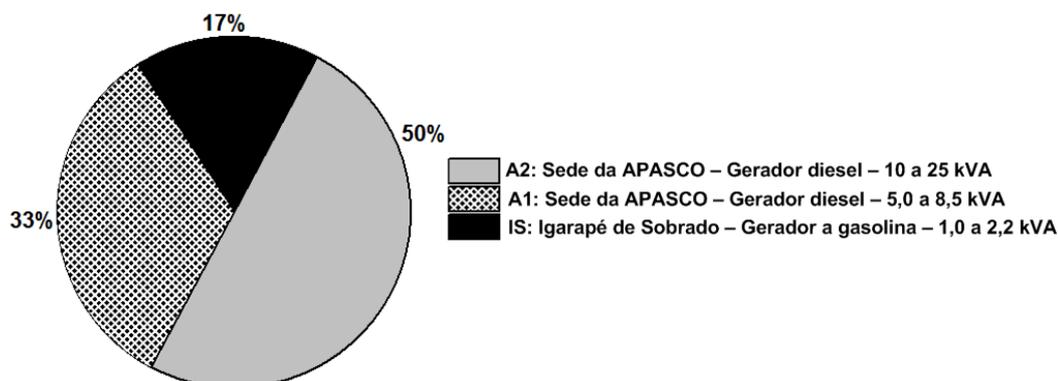


Figura 47: Geração de energia elétrica de todas UC's antes da instalação do SAPV e SIGFV  
Fonte: Elaborado pelo autor

As despesas com o uso de pequenos geradores na faixa de 1,0 kVA – 2,2 kVA, representava 17%, entre os anos de 2000 a 2011, antes da introdução dos sistemas individuais de geração FV. Os moradores do igarapé de Sobrado eram que suportavam essas despesas. O perfil de geração de eletricidade na sede da APASCO, na condição A1, com gerador diesel em uma faixa de potência de 5,0 kVA - 8,5 kVA, entre os anos 2000 a 2005, correspondia a 33% das necessidades por eletricidade no período de 4 horas de fornecimento intermitente de energia elétrica. E na condição de geração A2 equivalia a 50% das necessidades energéticas atendidas no período de 4

horas de fornecimento intermitente pelo gerador diesel em uma faixa de potência de 10 kVA – 25 kVA, entre os anos de 2006 a 2011.

A questão nº 7 corresponde a gestão de despesas com combustível e manutenção dos geradores de energia elétrica antes da instalação do SAPV e SIGFV, mostado pela Figura 48.

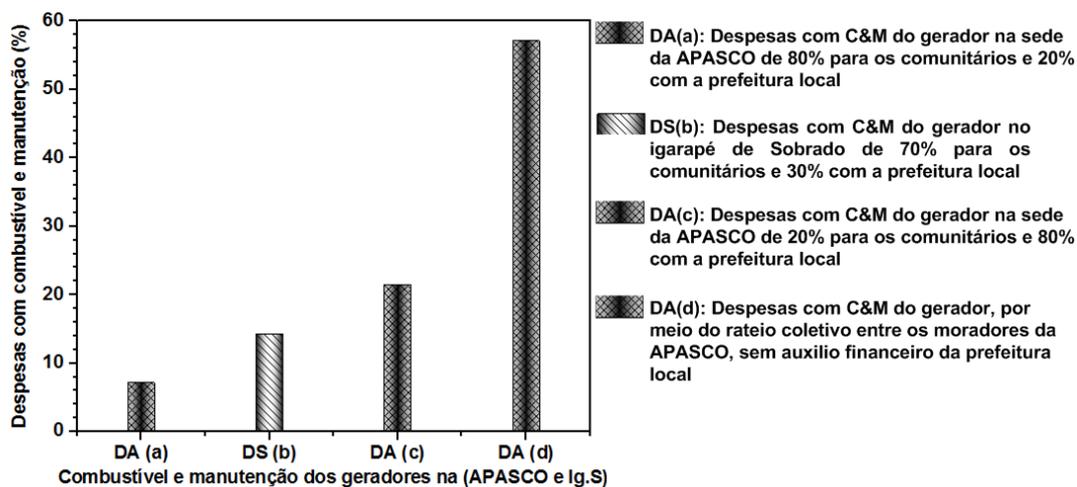


Figura 48: Despesas com C&M antes da instalação do SAPV e SIGFV

Fonte: Elaborado pelo autor

A gestão destas despesas na comunidade isolada de Sobrado identificou duas localidades distintas da comunidade, na sede da APASCO e no igarapé de Sobrado. A despesa com combustível e manutenção do gerador em uma faixa de potência de 5,00 kVA - 8,50 kVA na sede da APASCO entre os anos de 2000 a 2005, na condição DA (a) 7,14% das despesas eram suportadas por 80% dos comunitários e 20% pela a prefeitura local.

A condição DS (b) de gestão das despesas com combustível e manutenção do gerador no igarapé de Sobrado correspondia a 14,29% de usuários, suportando 70% das despesas e 30% com a prefeitura local de Novo Airão, para garantir um fornecimento intermitente de energia elétrica no período noturno das 18:00 às 22:00 horas, por meio de pequenos geradores a gasolina em uma faixa de potência de 1,00 kVA – 2,20 kVA, entre os anos de 2000 a 2011, antes da instalação dos SIGFV.

A condição DA (c) de gestão das despesas com combustível e manutenção do gerador, na sede da APASCO, representava 21,43% das despesas com combustível e manutenção do gerador diesel em uma faixa de potência de 10 kVA – 25 kVA, entre

os anos de 2006 a 2011, suportados por 20% dos comunitários e 80% pela prefeitura local.

Na condição DA (d) na gestão das despesas com combustível e manutenção do gerador diesel para a mesma faixa de potência da condição DA (c) e de mesmo período de tempo, correspondia a 57,14% das despesas sendo suportados integralmente pelos comunitários sem o auxílio financeiro da prefeitura local, para o fornecimento de eletricidade no período letivo de 18:00 às 22:00 horas destinado a iluminação da escola rural e iluminação das residências rurais de três compartimentos de 16 m<sup>2</sup>.

Todos os moradores responderam unanimemente sobre a vantagem do sistema FV de geração frente as despesas combustível e manutenção pela opção de utilização de geradores a gasolina e a óleo diesel

O gerenciamento das despesas com combustível e manutenção dos geradores para todas as categorias de UC's, inclui a sede da APASCO e Igarapé de Sobrado, destinado à iluminação das residências rurais e da escola rural municipal São José, correspondeu a condição A1 com 57% das despesas com combustível e manutenção dos geradores, sendo suportados integralmente pelos moradores da APASCO. Para geradores na faixa de 5,00 kVA - 8,50 kVA, entre os anos de 2000 a 2005 e entre os anos de 2006 a 2011, com a repotenciação do gerador diesel com a ampliação da faixa de potência entre 10kVA a 25 kVA, segundo a Figura 49.

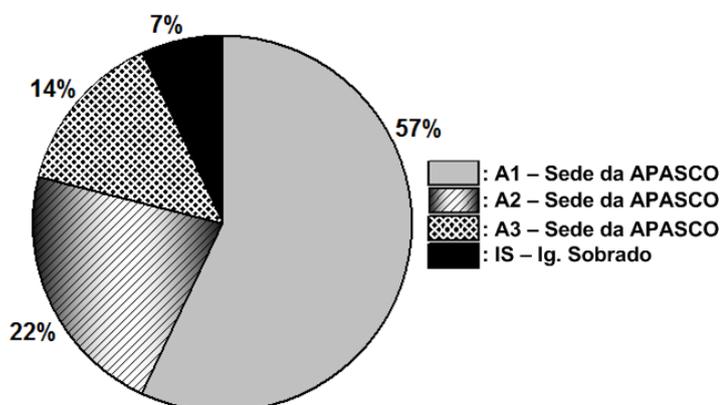


Figura 49: Despesas com C&M de geradores antes da instalação do SAPV e SIGFV  
Fonte: Elaborado pelo autor

A condição A2 corresponde a 22% das despesas sendo suportadas em 20% por comunitários da APASCO e 80% pela prefeitura local. Na condição de geração A3 em 7% sendo suportados em 80% pelos moradores da APASCO e 20% pela prefeitura local. No igarapé de Sobrado representou 14% das despesas de combustível e manutenção de geradores, sendo 70% por conta dos moradores e 30% com a prefeitura local do município de Novo Airão, entre os anos de 2000 e 2011, com geradores em uma faixa de potência de 1,00 kVA – 2,20 kVA.

A questão nº 8 corresponde a principal atividade de geração de renda para a comunidade isolada de Sobrado, nas três localidades distintas da comunidade na sede da APASCO, no igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV SIGFV, dos moradores sem acesso a eletricidade do igarapé de Sobrado e do ramal da Terra Preta, mostrada pela Figura 50.

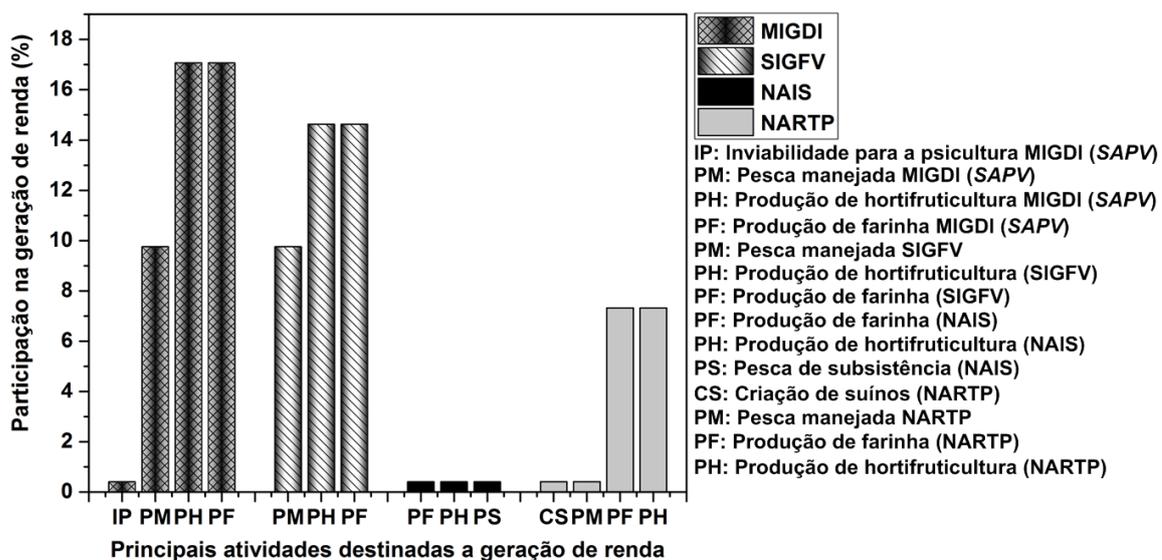


Figura 50: Principais atividades geradoras de renda na CI de Sobrado

Fonte: Elaborado pelo autor

A principal atividade de geração de renda para a sede da APASCO, com minirrede de distribuição e geração MIGDI – SAPV, é demonstrada conforme as condições de inviabilidade para piscicultura, pesca manejada, produção de hortifruticultura e produção de farinha, onde a inviabilidade para a piscicultura em tanques redes e escavados, corresponde a 0,41% das respostas dos entrevistados, pela falta de incentivos na produção, para viabilizar a piscicultura regional.

A pesca manejada de rios, lagos e igarapés representa 9,76% como uma das principais atividades destinadas à geração de renda, de pescados regionais, legalmente comercializados entre os meses de março a outubro, com exceção para o período do defeso referente aos meses de novembro a fevereiro, onde a produção de hortifruticultura e farinha de mandioca representa 17,07% como uma das principais atividades destinadas à geração de renda.

Para os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV, a pesca manejada, de rios, lagos e igarapés, representa 9,76% como uma das principais atividades destinadas a geração de renda, similar as restrições regulatórias do defeso na sede da APASCO, a produção de hortifruticultura e farinha de mandioca corresponde a 14,63% como as principais atividades destinadas a geração de renda.

Aos moradores sem o fornecimento de energia elétrica do igarapé de Sobrado representa 0,41% para a produção de farinha de mandioca, hortifruticultura e pesca de subsistência. A principal atividade de geração de renda para os moradores do ramal da Terra Preta corresponde a 0,41% para a criação de suíno e pesca manejada de rios, lagos e igarapés e 7,32% para produção de hortifruticultura e produção de farinha de mandioca. A atividade de geração de renda para a comunidade de Sobrado, para todas as UC's é mostrada em percentuais pela Figura 51.

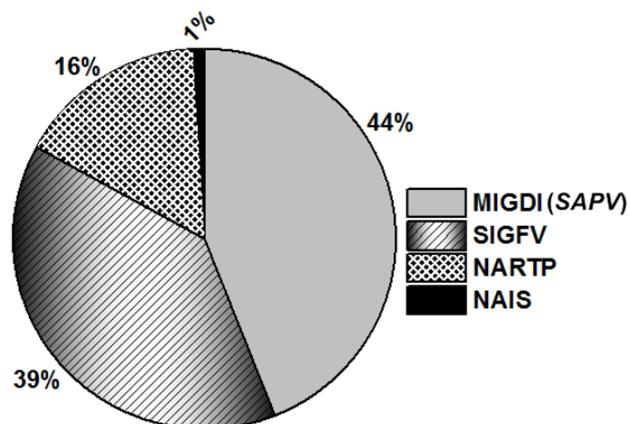


Figura 51: Percentual de geração de renda das UC's, no total de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

A sede da APASCO contabiliza 44% de todas as atividades geradoras de renda, os moradores do igarapé de Sobrado, com sistema individual de geração FV (SIGFV), corresponde a 39% de todas as atividades geradoras de renda, o morador sem acesso

à eletricidade do igarapé de Sobrado NAIS, representa 1% de todas as atividades geradoras de renda e 16% de todas as atividades geradoras de renda dos moradores do ramal da Terra Preta, a produção de hortifruticultura, farinha de mandioca e pescado são as principais atividades geradoras de renda da CI de Sobrado.

A questão nº 9 corresponde aos principais produtos da hortifruticultura regional que contribuem para a geração de renda para a comunidade isolada de Sobrado.

Os principais produtos da hortifruticultura responsáveis pela geração de renda, na comunidade isolada de Sobrado, para as mesmas localidades são mostrados pela Figura 52.

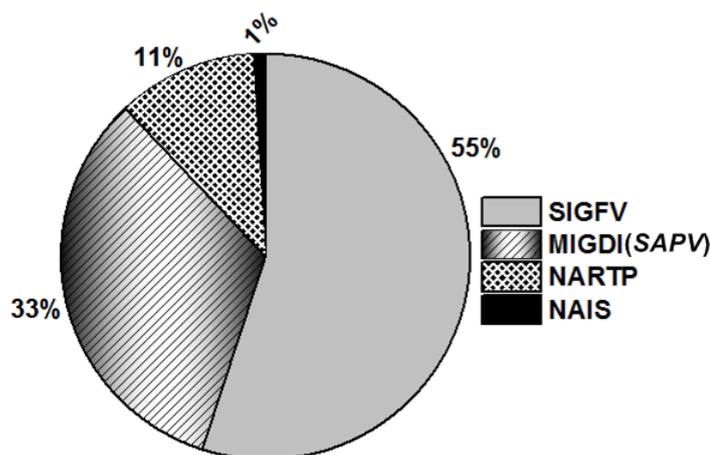


Figura 52: Geração de renda por UC dos hortifruticultores  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os produtos da hortifruticultura correspondem a 55% para os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV (SIGFV), 33% na sede da APASCO com sistema MIGDI (SAPV), 11% de todas as atividades geradoras de renda para os moradores do ramal da Terra Preta e para o morador sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) representa 1% de todas as atividades geradoras de renda. O destaque na geração de renda pela produção de hortifruticultura é evidenciado pela produção de mandioca, macaxeira, cupuaçu e banana.

Os moradores do ramal da Terra Preta também possuem baixa produtividade, embora disponham de um excelente perfil de solo para a produção de hortifruticulturas, são prejudicados pela insuficiência no escoamento da produção agrícola para o município de Novo Airão e para Manaus. Outro problema trata-se do baixo preço pago aos

produtores de hortifruticulturas regionais da comunidade isolada de Sobrado pelos atravessadores oriundos de Manaus, onde na maioria das vezes o pagamento é realizado por uma cesta básica de 18 itens.

A questão nº 10 corresponde à renda mensal da produção de hortifruticultura regional para a comunidade isolada de Sobrado, segundo a Figura 53.

A equivalência do salário mínimo foi utilizada, de acordo com as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas da ASCV, em conformidade com a organização internacional do trabalho e os parâmetros estabelecidos pela federação internacional do emprego (*The Federation of International Employers – FedEE Global*), em que um salário mínimo do Brasil corresponde a R\$: 788,00 atualizado em 1º de janeiro de 2015, equivalente a (US\$: 204,32) em dólar americano e (EUR: 181,36), conforme a cotação da taxa de câmbio de 06/10/2015. Os resultados incluem as quatro localidades distintas da comunidade na sede da APASCO - MIGDI - SAPV, no igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV SIGFV, dos moradores sem acesso a eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) e do ramal da Terra Preta (NARTP).

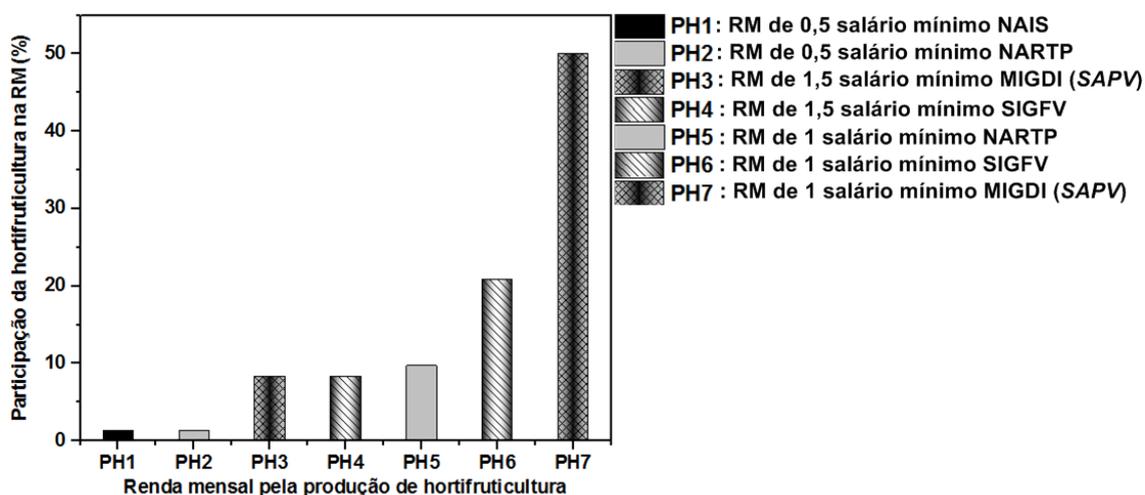


Figura 53: Renda mensal pela produção de hortifruticultura regional da CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

A renda mensal pela produção de hortifruticultura na sede da APASCO – MIGDI - SAPV, de acordo com a coluna PH7, corresponde a 50% da renda mensal de 1 salário mínimo por família, composta por seis pessoas, sendo o cônjuge mais quatro filhos, e pela coluna PH 3, equivalente a 8,33%, para um único morador sem família com uma renda mensal de 1,5 salário mínimo, pelo maior tempo dedicado à lavoura de

hortifruticultura e pela maior capacidade de negociação de preços na venda direta de seus produtos.

A renda mensal pela produção de hortifruticultura para os moradores com o sistema individual de geração FV SIGFV no igarapé de Sobrado, é representada pela coluna PH6, correspondendo a 20,83% da renda mensal de 1 salário mínimo por família, composta por seis pessoas, em que a coluna PH4 corresponde a 8,33%, para uma família com o mesmo da coluna PH6 e por residirem próximos à lavoura de cultivo, durante o período da colheita, com uma renda mensal de 1,5 salário mínimo, justificado pelo maior tempo dedicado à lavoura de hortifruticultura e pela maior capacidade de negociação de preços na venda direta de seus produtos no município de Novo Airão.

A renda mensal pela produção de hortifruticultura para os moradores sem o acesso à eletricidade pelo SAPV ou SIGFV, do igarapé de Sobrado, é representada pela coluna PH1, correspondendo a 1,39% da renda mensal de 0,5 salário mínimo, por se tratar de um único morador sem família, dedicado à sua própria subsistência com baixo rendimento mensal.

A coluna PH2 representa o morador do ramal da Terra Preta, correspondente a 1,39% com características similares de renda mensal de 0,5 salário mínimo e perfil de subsistência por um único morador da coluna PH1.

A coluna PH5 corresponde a 9,72% de renda mensal dos moradores do ramal da Terra Preta com uma renda equivalente a 1 salário mínimo, para uma família com seis pessoas, residentes permanentemente próxima área de cultivo da lavoura, desde o período de plantio à colheita, entre os meses de janeiro a dezembro para o cultivo da mandioca e macaxeira.

A Figura 54 mostra o percentual da renda mensal com a inclusão de todas as categorias de UC's.

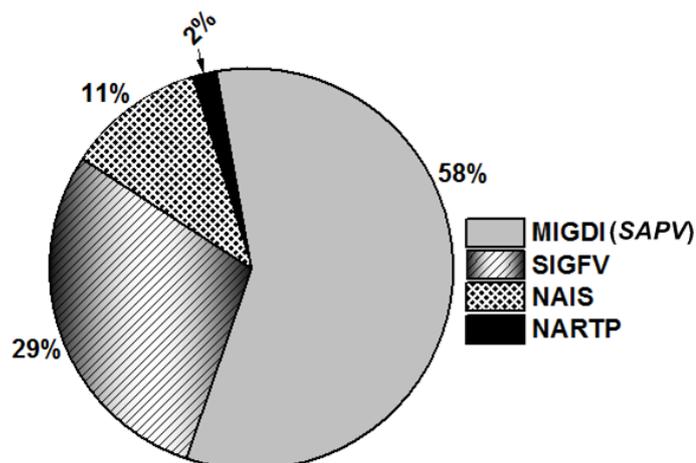


Figura 54: Distribuição da renda mensal pela produção de farinha na CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

Na sede da APASCO – MIGDI – SAPV, com 58% da renda mensal, corresponde a uma faixa de 1 a 1,5 salários mínimos, pela produção de hortifruticultura. No igarapé de Sobrado, com sistema individual de geração FV (SIGFV), representa 29% da renda mensal, equivalente a uma faixa de 1 a 1,5 salários mínimos. Com o morador sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS), corresponde a 2% da renda mensal, equivalente a 0,5 salário mínimo. E para os moradores do ramal da Terra Preta, a 11% da renda mensal com uma faixa de 0,5 a 1 salário mínimo.

A questão nº 11 corresponde aos principais produtos da pesca artesanal que contribuem para a geração de renda para a comunidade isolada de Sobrado, conforme a Figura 55.

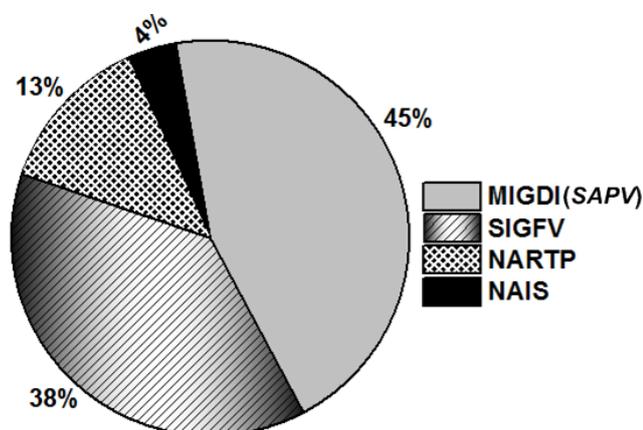


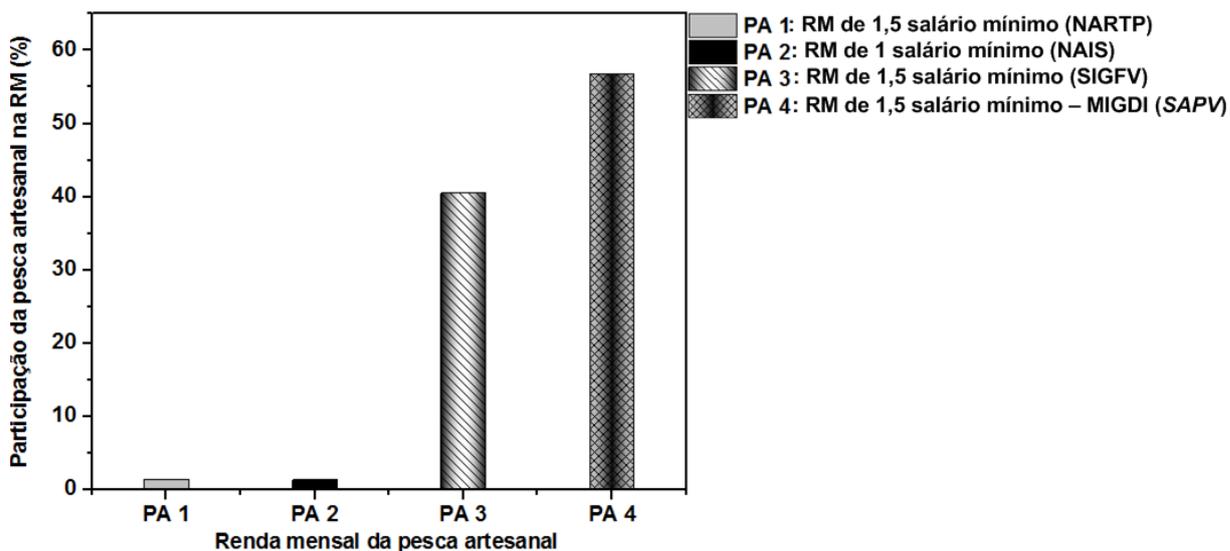
Figura 55: Distribuição dos pescados que participam da geração de renda para a CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

Os principais pescados regionais, responsáveis pela geração de renda na comunidade isolada de Sobrado, corresponde a 45% na sede da APASCO com sistema de geração MIGDI (SAPV); 38% para os moradores do igarapé de Sobrado com o sistema individual de geração SIGFV; para os moradores sem acesso à eletricidade representa 13% para os moradores do ramal da Terra Preta (NARTP); e 4% para o morador sem família do igarapé de Sobrado (NAIS). O destaque na geração de renda pela pesca artesanal é evidenciado pelos pescados como tucunaré, jaraqui, pacu e matrinhã pelo maior valor comercial para as feiras e mercados municipais nos municípios de Novo Airão e Manaus.

A questão nº 12 corresponde a renda mensal pela atividade da pesca artesanal exercida pelos moradores da comunidade isolada de Sobrado. A equivalência do salário mínimo foi utilizada, de acordo com as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas da ASCV, em conformidade com a OIT e os parâmetros estabelecidos pela federação internacional do emprego (*The Federation of International Employers – FedEE Global*).

Os resultados incluem as quatro localidades distintas da comunidade na sede da APASCO - MIGDI - SAPV, no igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV SIGFV, dos moradores sem acesso a eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) e do ramal da Terra Preta (NARTP), segundo a Figura 56.

A renda mensal da pesca artesanal exercida na sede da APASCO – MIGDI - SAPV, de acordo com a coluna PA4, corresponde a 56,76% da renda mensal de 1,5 salário mínimo por família, composta por seis pessoas, sendo o cônjuge mais quatro filhos, com o acréscimo de 0,5 salário mínimo em relação à produção de hortifruticultura, pelo maior tempo dedicado à atividade da pesca artesanal e pela maior capacidade de negociação de preços na venda direta de seus produtos, no município de Novo Airão e de Manaus.



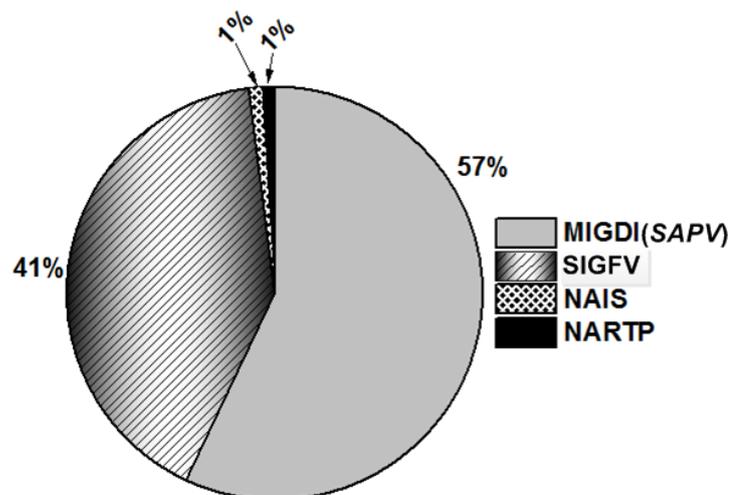
*Figura 56: Renda mensal gerada pela pesca artesanal na CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor*

A renda mensal obtida pelo exercício da atividade de pesca artesanal, para os moradores com o sistema individual de geração FV SIGFV no igarapé de Sobrado, é representada pela coluna PA3, correspondendo a 40,54% da renda mensal em 1,5 salários mínimos por família, composta por seis pessoas, sendo o cônjuge mais quatro filhos, justificado pelo maior tempo dedicado à atividade da pesca artesanal e pela maior capacidade de negociação de preços na venda direta de seus produtos, no município de Novo Airão e de Manaus.

A renda mensal pelo exercício da pesca artesanal para o morador sem o acesso a eletricidade pelo SAPV ou SIGFV, do igarapé de Sobrado, é representada pela coluna PA2, correspondendo a 1,35% da renda mensal de 1 salário mínimo, por se tratar de um único morador sem família. A maior parte da pesca, embora realize a venda de pescado seco salgado, é exercida para a sua própria subsistência.

A coluna PA1 representa os moradores do ramal da Terra Preta, correspondente a 1,35% com renda mensal de 1,5 salário mínimo e com características similares do perfil de subsistência demonstrados pelo morador da coluna PA2.

A renda mensal gerada pelo exercício da pesca artesanal é mostrada pela Figura 57.



*Figura 57: Distribuição da renda mensal gerada pela pesca artesanal na CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor*

A sede da APASCO corresponde a 57% da renda mensal pela atividade da pesca artesanal, com 41% para os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV (SIGFV), com 1% para o morador sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) e para os moradores do ramal da Terra Preta (NARTP).

O destaque na composição da renda mensal é evidenciado por corresponder a 1,5 salário mínimo para os moradores das três localidades na sede da APASCO – MIGDI – SAPV, SIGFV e NARTP, sendo de 1 salário mínimo somente para o morador do igarapé de Sobrado (NAIS), sem o acesso à energia elétrica por sistemas autônomos de geração FV, por se tratar de um único morador, sem a possibilidade de expansão da atividade pesqueira pela falta de mão de obra familiar.

A questão nº 13 corresponde a renda mensal pelo benefício social do defeso, para os meses de novembro a fevereiro, no período de interrupção da atividade pesqueira artesanal exercida pelos moradores da comunidade isolada de Sobrado, mostrada pela Figura 58.

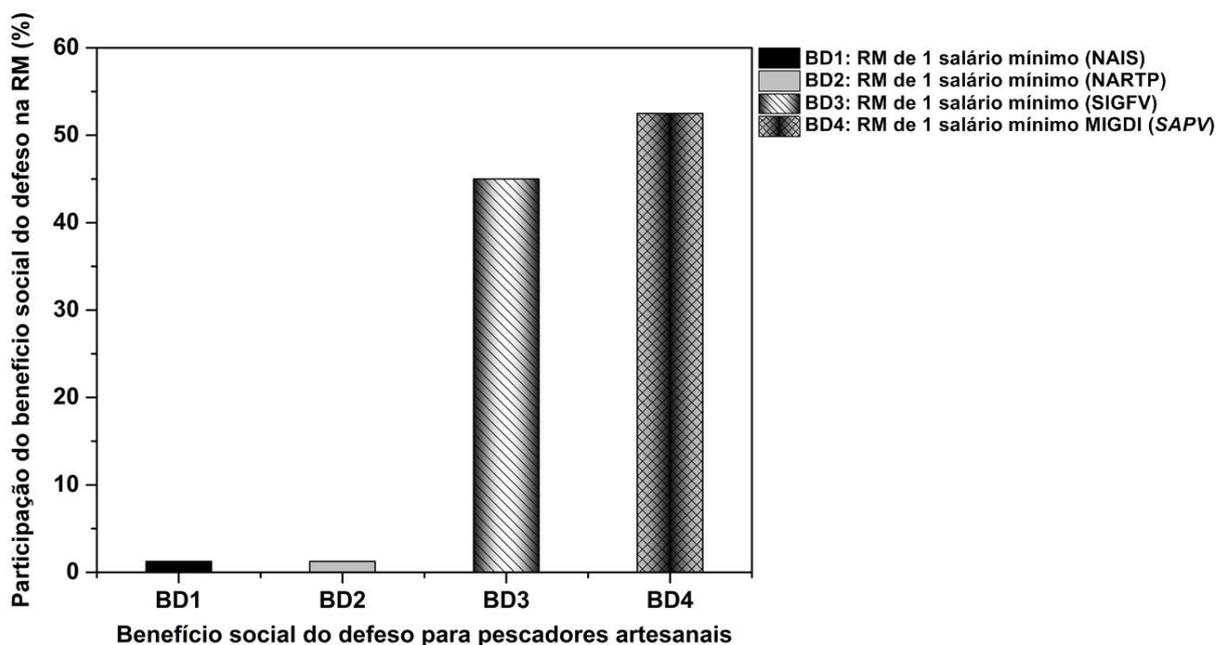


Figura 58: Renda mensal gerada pelo benefício social do defeso na CI de Sobrado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

A renda mensal pelo benefício do defeso, na sede da APASCO – MIGDI - SAPV, corresponde a 52,50%, representado pela coluna BD4 com uma renda mensal de 1 salário mínimo por família de seis pessoas, sendo o cônjuge mais quatro filhos, com o decréscimo de 0,5 salário mínimo em relação a pesca artesanal exercida fora do período de defeso.

A renda mensal obtida pelo benefício do defeso, para os moradores com o sistema individual de geração FV SIGFV no igarapé de Sobrado, é representada pela coluna BD3, corresponde a 45% da renda mensal de 1 salário mínimo por família de seis pessoas, com o decréscimo de 0,5 salário mínimo, pelo impedimento de exercer a atividade da pesca artesanal.

A renda mensal pelo benefício do defeso para o morador sem o acesso a eletricidade, por meio do SAPV ou SIGFV, no igarapé de Sobrado é correspondido a coluna BD2 correspondendo a 1,25% da renda mensal no valor de 1 salário mínimo, com a condição de impedimento da pesca comercial entre os meses de novembro a fevereiro, excetuando a pesca de subsistência, com um consumo de diário de 5kg de pescado.

A coluna BD1 representa os moradores do ramal da Terra Preta, correspondente a 1,25% com renda mensal de 1 salário mínimo e com características similares do perfil de subsistência demonstrados pelo morador da coluna BD2. A prática da pesca de subsistência é limitada a um consumo diário de 5kg, especialmente de pescados regionais com baixo impacto de despesa.

A distribuição da renda mensal gerada pelo benefício social do defeso no valor de 1 salário mínimo, na comunidade isolada de Sobrado para todas as categorias de UC's, de acordo com a Figura 59.

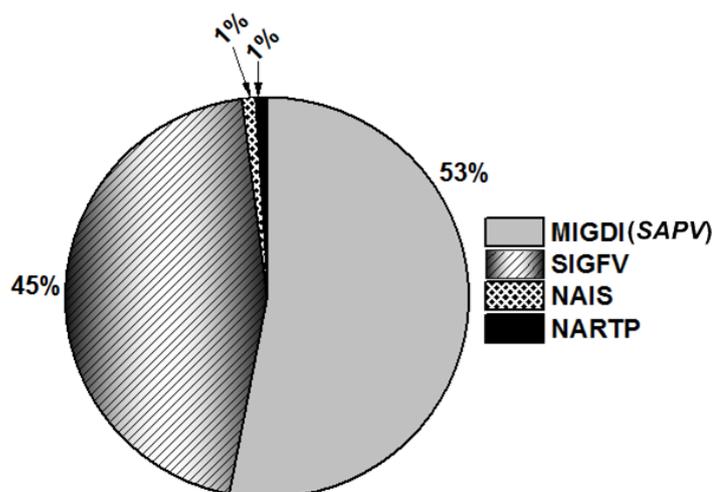


Figura 59: Distribuição da renda mensal pelo benefício do defeso para a CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

Esta representa 53% na sede da APASCO MIGDI (SAPV), 45% para os moradores do igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV SIGFV, 1% para o morador sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado NAIS e 1% para os moradores do ramal da Terra Preta. O destaque na composição da renda mensal pelo benefício social do defeso pela assistência prestada às famílias de moradores das mesmas localidades, que praticam regularmente a atividade da pesca artesanal, exerce uma complementação precípua para o período de impedimento da pesca, assim como o redirecionamento dos esforços na geração da renda mensal, por parte das famílias da comunidade, para a produção de hortifruticultura e farinha de mandioca

A questão nº 14 corresponde a quantidade de pescado estocado para comercialização na comunidade isolada de Sobrado, mostrada pela Figura 60.

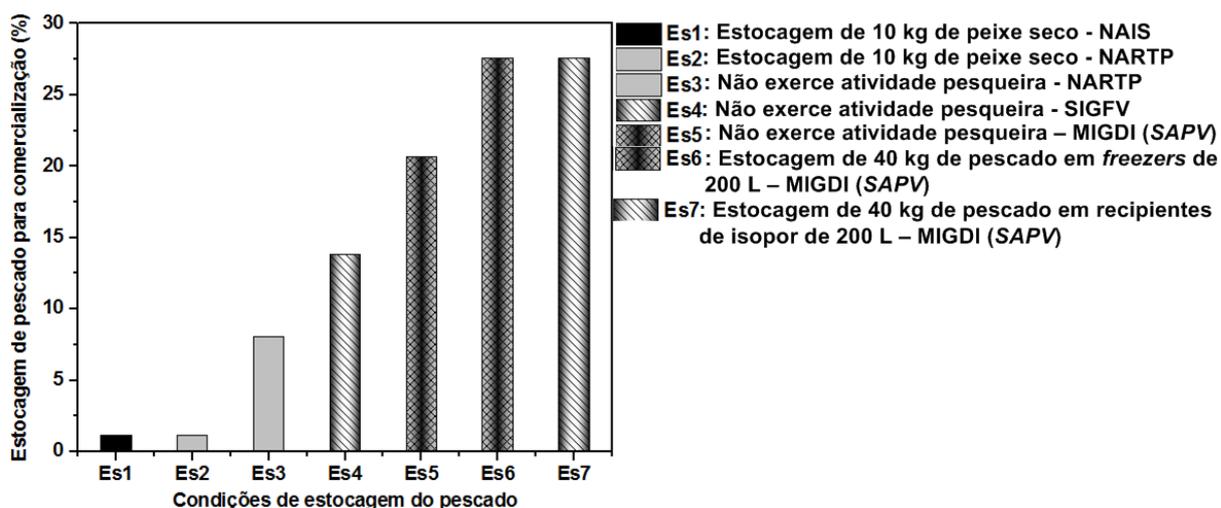


Figura 60: Estocagem de pescados para fins de comercialização na CI de Sobrado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados incluem as quatro localidades distintas da comunidade na sede da APASCO - MIGDI - SAPV, no igarapé de Sobrado com sistema individual de geração FV (SIGFV), os moradores sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS) e do ramal da Terra Preta (NARTP).

A estocagem de pescado, na condição (Es1), descreve o processo de acondicionamento utilizado pelo morador sem família e sem acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado (NAIS), que corresponde a 1,15% para 10kg de pescado seco para fins de comercialização, excetuando o período de defeso entre os meses de março a outubro para uma renda mensal de 1 salário mínimo.

A estocagem de pescado, na condição (Es2), descreve o processo de acondicionamento utilizado pelo morador sem família e sem acesso à eletricidade do ramal da Terra Preta (NARTP), que corresponde a 1,15% para 10kg de pescado seco salgado para fins de comercialização, excetuando o período de defeso entre os meses de março a outubro para uma renda mensal de 1 salário mínimo.

A condição (Es3) representa 8,05% dos moradores que não exercem a atividade de pesca artesanal na comunidade isolada de Sobrado, que são os moradores com família e sem acesso à eletricidade do ramal da Terra Preta (NARTP), por se dedicarem à lavoura, realizando o escambo entre os produtos oriundos da hortifruticultura regional.

A condição (Es4) representa 13,79% dos moradores que não exercem a atividade de pesca artesanal na comunidade isolada de Sobrado, que são moradores com família e com acesso a eletricidade do igarapé de Sobrado (SIGFV), por se dedicarem à produção de hortifruticultura.

A condição (Es5) representa 20,69% dos moradores que não exercem a atividade de pesca artesanal na comunidade isolada de Sobrado, que são os moradores da sede da (APASCO) com família e com acesso à eletricidade pelo (MIGDI – SAPV), por se dedicarem à produção de hortifruticultura.

A condição (Es6) representa 27,59% dos moradores que exercem a atividade de pesca artesanal, na comunidade isolada de Sobrado, que são moradores da sede da APASCO com uma família composta por seis pessoas, e com acesso à eletricidade pelo MIGDI – SAPV. Dedicam-se à produção de hortifruticultura; realizam a estocagem de 40kg de pescado para fins de comercialização, auferindo uma renda mensal de 1,5 salário mínimo, além da prática do escambo entre os moradores da própria localidade e com os moradores do igarapé de Sobrado e ramal da Terra Preta, por meio do pescado e hortifrúti regionais.

A condição (Es7) representa 27,59% dos moradores que exercem a atividade de pesca artesanal na comunidade isolada de Sobrado, que são moradores do igarapé de Sobrado com acesso à energia elétrica por meio do sistema individual de geração FV SIGFV, com família composta por seis pessoas.

A estocagem de pescado é realizado em recipientes de isopor de 200 litros com 40kg de gelo, disponibilizados pelas embarcações coletoras de pescado. O acondicionamento de 40kg de pescado, em gelo escamado possui uma autonomia de 5 dias até o período de coleta realizado pelos barcos geleiros, para fins de comercialização, possibilitando auferir uma renda mensal de 1,5 salário mínimo.

As condições de estocagem do pescado regional para todas as categorias de UC's são mostradas pela Figura 61.

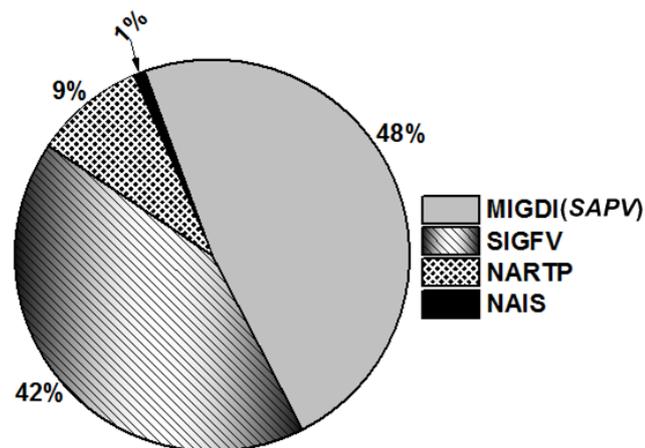


Figura 61: Distribuição da estocagem de pescados na CI de Sobrado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

O acesso à energia elétrica pelo sistema de geração MIGDI (SAPV) para a sede da APASCO representa 48%, considerando as famílias que exercem ou não a atividade da pesca artesanal, sendo que todos consomem e estocam pescado.

Os 42% são dos moradores do igarapé de Sobrado, com acesso à energia elétrica, por meio do sistema individual de geração FV SIGFV, com limitação de potência nominal em 150W por unidade consumidora, com restrição no uso de geladeiras ou *freezers* elétricos.

Em condições similares de estocagem de pescado, os moradores sem acesso à energia elétrica do igarapé de Sobrado (NAIS) representam 1% na estocagem de pescado e 9% no ramal da Terra Preta. Assim, a conservação do pescado é feita em recipientes de isopor com gelo de 200 litros, com conservação por um período de cinco dias.

A questão nº 15 corresponde à renda mensal da produção de farinha de mandioca (FM) para a comunidade isolada de Sobrado, de acordo com a Figura 62. A equivalência do salário mínimo foi utilizada, conforme as recomendações das fichas metodológicas da ASCV.

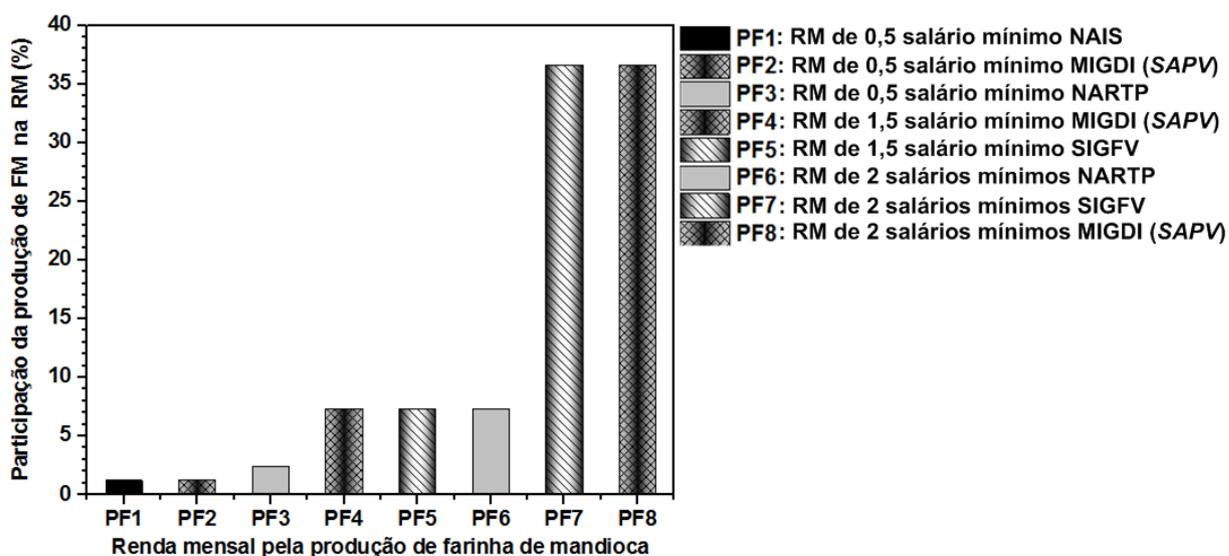


Figura 62: Renda mensal pela produção de farinha de mandioca da CI de Sobrado

Fonte: Elaborado pelo autor

A renda mensal pela produção de farinha de mandioca na sede da APASCO – MIGDI - SAPV, de acordo com a coluna PF8, corresponde a 36,59% da renda mensal de 2 salários mínimos por família. A coluna PF4 representa 7,32% para morador com família e uma renda mensal de 1,5 salário mínimo pelo menor tempo dedicado à lavoura de mandioca, com divisão do trabalho, destinado à atividade da pesca artesanal e pela menor capacidade de negociação de preços na venda direta da farinha de mandioca. A coluna PF2 corresponde a 1,22% para o morador sem família, com uma renda mensal de 0,5 salário mínimo, para uma pequena produção de 25kg destinada a comercialização e consumo próprio.

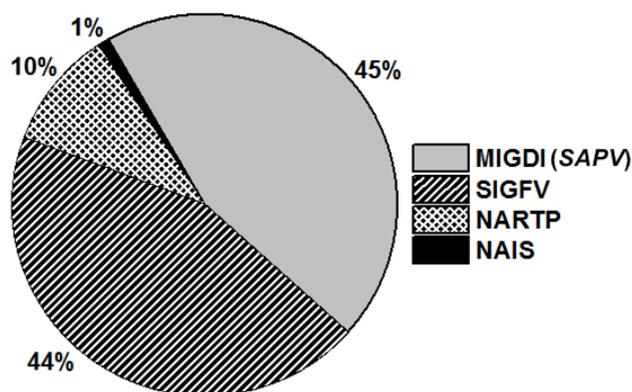
A renda mensal pela produção de farinha de mandioca, para os moradores com o sistema individual de geração FV SIGFV no igarapé de Sobrado, é representada pela coluna PF7, sendo correspondente as mesmas medidas da coluna PF8 e a coluna PF5, correspondendo a 7,32% para uma família com seis pessoas e uma renda mensal de 1,5 salário mínimo.

A renda mensal pela produção de farinha de mandioca para os moradores sem o acesso a eletricidade pelo SAPV ou SIGFV, do igarapé de Sobrado (NAIS), é representada pela coluna PF1 correspondendo a 1,22% da renda mensal, com 0,5 salário mínimo, por se tratar de um único morador sem família, dedicando-se a sua própria subsistência.

A coluna PF3 representa o morador do ramal da Terra Preta, correspondente a 2,44% com características similares de renda mensal de 0,5 salário mínimo e perfil de subsistência por um único morador da coluna PF1.

A coluna PF6 corresponde a 7,32% de renda mensal dos moradores do ramal da Terra Preta com uma renda equivalente a 2 salários mínimos, para uma família com seis pessoas, residentes permanentemente próximos à área de cultivo da lavoura, desde o período de plantio à colheita. Embora tenham o maior tempo dedicado à lavoura, possuem baixa capacidade de negociação na venda direta de seus produtos, aliado à maior dificuldade de escoamento da produção, pela impossibilidade na construção de ramais e estradas.

A distribuição da renda mensal pela produção de farinha de mandioca na comunidade isolada de Sobrado é mostrada pela Figura 63.

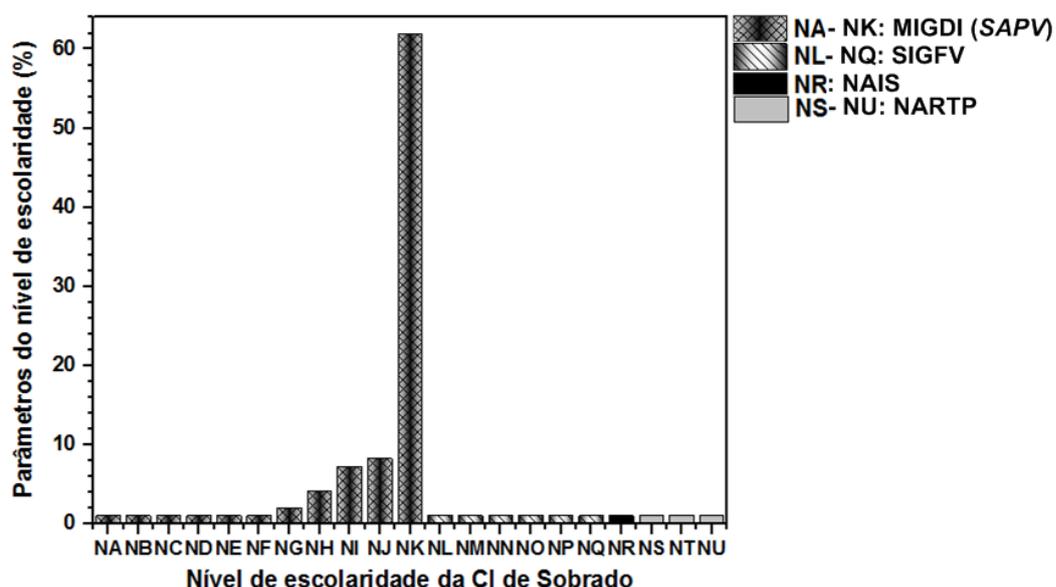


*Figura 63: Distribuição da renda mensal pela produção de farinha na CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor*

O percentual de 45% na sede da APASCO – MIGDI (SAPV), corresponde a uma faixa de 0,5, 1,5 e 2 salários mínimos, pela produção de farinha de mandioca. Os residentes do igarapé de Sobrado, com sistema individual de geração SIGFV, representam 44% da renda mensal equivalente a uma faixa de 1,5 a 2 salários mínimos. Para os moradores sem acesso à eletricidade do ramal da Terra Preta representam 10% da renda mensal, com uma faixa de 0,5 a 2 salários mínimos e o para o morador sem família do igarapé de Sobrado (NAIS), corresponde a 1% da renda mensal equivalente a 0,5 salário mínimo.

A questão nº 16 corresponde à renda mensal pelo benefício social da aposentadoria de trabalhador rural, no valor de 1 salário mínimo, onde apenas um único morador de 75 anos de idade é recebedor deste benefício, entre os moradores das mesmas localidades, pois a faixa de idade de todos os moradores entrevistados está entre 35 a 65 anos.

As questões nº 17, 18, 19 e 20, do protocolo de coleta de dados, correspondem aos parâmetros do nível de escolaridade, mostrados pela Figura 64.



NA: Madureza ginásial  
 NB: 4º Ano do E.F - 1º Seg. (EJA)  
 NC: 6ª Série do 1º Grau (E.F)  
 ND: 8º Série do 1º grau (E.F)  
 NE: 5ª Série do 1º grau (E.F)  
 NF: Cursando ensino universitário privado  
 NG: Cursando ensino universitário público  
 NH: 1º Ano do E.F  
 NI: 1º Seg. do 1º ao 5º ano do E.F (EJA - Noturno)  
 NJ: 2º Seg. do 6º ao 9º ano do E.F (Diurno)

NK: 1º Seg. do 1º ao 5º ano do E.F (Diurno)  
 NL: 1º Ano do E.F  
 NM: 4ª Série do 1º grau (E.F)  
 NN: Nenhuma Escol. (alfab. pelos pais)  
 NO: 2º Grau completo (E.M.C\*)  
 NP: 5ª Série do 1º grau (E.F)  
 NQ: 8º Ano do E.F  
 NR: Nenhuma Escol. (alfab. pelos pais)  
 NS: Nenhuma Escol. (alfab. pelos pais)  
 NT: 2ª Série do Primário  
 NU: 8º Ano do E.F

Figura 64: Parâmetros do nível de escolaridade dos moradores CI de Sobrado  
 Fonte: Elaborado pelo autor

Estas questões estão de acordo com as recomendações das diretrizes das fichas metodológicas da ASCV, considerando o padrão internacional de classificação da educação (*International Standard Classification of Education – ISCED – 97 – 76*, 2013), publicada pela Organização Internacional do Trabalho - OIT e em conformidade com as Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB - 9.394/96), incluindo a Educação Infantil, o Ensino Fundamental obrigatório de nove anos e o Ensino Médio,

para os moradores da comunidade isolada de Sobrado, entre os moradores das quatro localidades distintas na sede da APASCO – MIGDI – SAPV, SIGFV, NAIS e NARTP, que estão matriculados e cursando as aulas no período letivo de 17 de abril a 19 de dezembro, nos turnos matutino, vespertino e noturno da EJA.

O parâmetro do nível de escolaridade na sede da APASCO – MIGDI - SAPV é demonstrado pela coluna NA, representando 1,39%, referente a um único morador da comunidade que não constituiu uma família na comunidade. Possui a sua formação discriminada como madureza ginásial, correspondendo ao 6º ano do atual Ensino Fundamental (EF).

A coluna NB correspondente a 1,03% refere-se ao morador cursando o 4º ano do EF, do 1º segmento da EJA, nas colunas NC, ND e NE que correspondem 1,39% de moradores que alcançaram os seus respectivos níveis de escolaridade da educação básica, no regime seriado anual, e não estão matriculados nem cursando o 1º e 2º segmentos da EJA na escola municipal São José.

A coluna NF corresponde a 1,39% referente a uma moradora que está cursando o ensino universitário privado no município de Novo Airão, para o curso de Fisioterapia. A coluna NG corresponde a 2,06% referente a dois moradores que estão matriculados e cursando o ensino universitário público em Educação Física e Pedagogia, na Universidade do Estado do Amazonas – UEA, em Novo Airão e Manaus.

A coluna NH corresponde a 4,12% dos moradores com que obtiveram a formação do 1º Ano do EF e não estão matriculados ou cursando 1º segmento da EJA. A coluna NI corresponde a 7,22% dos moradores que estão matriculados e cursando o 1º segmento da EJA, do 1º ao 5º ano do EF, no período noturno. A coluna NJ corresponde a 8,25% dos moradores que estão matriculados e cursando o 2º segmento da EJA, do 6º ao 9º ano do EF, no turno vespertino.

A coluna NK corresponde a 61,86% dos moradores incluindo a sede da (APASCO), igarapé de Sobrado com e sem acesso à energia elétrica e ramal da Terra Preta que estão matriculados e cursando o 1º segmento da EJA, do 1º ao 5º ano do EF, no turno matutino, sendo o maior número de estudantes constituído pelos filhos dos moradores de toda a comunidade isolada de Sobrado.

O parâmetro do nível de escolaridade pelos moradores do igarapé de Sobrado, com acesso à energia elétrica pelo (SIGFV), corresponde ao grau de escolaridade obtido pelos residentes desta localidade que não estão matriculados e cursando o 1º e o 2º segmento da EJA, do 1º ao 9º Ano do EF, na escola municipal São José na sede da (APASCO), demonstrado a partir da coluna NL a NQ, correspondente a 1,39% para o morador com o 1º Ano do EF. A coluna NM representa o morador com a 4ª série do 1º grau da EF. A coluna NN representa o morador sem nenhum grau de escolaridade e que nunca frequentou a escola, sendo alfabetizado pelos pais. A coluna NO representa o único morador com ensino médio completo.

A coluna NP representa 1,39% para o morador com a 5ª série do 1º grau do EF e a coluna NQ representa 1,39% para o morador com o 8º Ano do EF. Todos os entrevistados confirmaram espontaneamente que os seus filhos estão matriculados e estão cursando o 1º segmento do 1º ao 5º ano do EF, no turno matutino e o 2º segmento da EJA, do 6º ao 9º ano do EF, no turno vespertino, na escola municipal São José. O principal motivo alegado pelos respondentes de não estarem matriculados e cursando o 1º e o 2º segmento da EJA, foi por estarem ocupados pelas suas atividades laborais.

O parâmetro do nível de escolaridade do morador do igarapé de Sobrado, sem acesso à energia elétrica (NAIS), corresponde ao grau de escolaridade obtido pelo residente desta localidade que não está matriculado em nenhum período/curso. Demonstrando a partir da coluna NR, correspondendo a 1,39%.

O nível de escolaridade dos moradores do ramal da Terra Preta (NARTP) corresponde ao grau de escolaridade obtido pelo residente desta localidade que não está matriculado nem cursando o 1º e o 2º segmento da EJA, do 1º ao 9º Ano do EF, na escola municipal São José, na sede da (APASCO). Na coluna NS, isso corresponde a 1,39% para o morador sem nenhum grau de escolaridade que nunca frequentou a escola, sendo alfabetizado pelos pais. A coluna NT corresponde a 1,39% para o morador com a 2ª série do primário e 1,39% representado pela coluna NU para o morador com o 8ª Ano do EF, matriculado e cursando o 2º segmento da EJA, na sede da (APASCO), no período noturno das 18:00 às 22:00 horas.

A distribuição dos parâmetros do nível de escolaridade, incluindo todas as categorias de UC's da comunidade isolada de Sobrado, corresponde a 90% para toda a sede da (APASCO MIGDI - SAPV), contabilizando os moradores do igarapé de sobrado e ramal da Terra Preta, que estão regularmente matriculados e cursando o ensino fundamental do 1º ao 9º ano, juntamente com o 1º ao 2º segmento da EJA no turno da noite. Nisso, 6% referem-se aos moradores do igarapé de Sobrado com acesso à eletricidade (SIGFV), 1% ao morador que não possui acesso à eletricidade do igarapé de Sobrado e 3% aos moradores do ramal da Terra Preta que não estão matriculados, conforme a Figura 65.

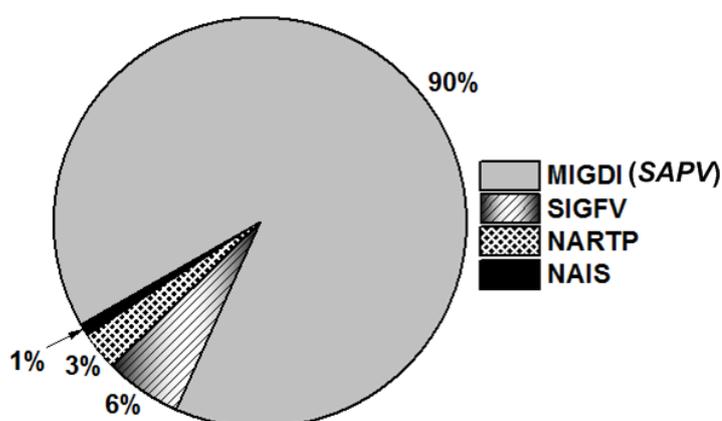


Figura 65: Distribuição dos parâmetros do nível de escolaridade para CI de Sobrado  
Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 21 refere-se à disponibilidade da educação básica (EB), na sede da (APASCO), depois da instalação do sistema de geração (MIGDI – SAPV), pelo fornecimento contínuo de eletricidade, realizado pela escola municipal São José, sendo a única escola que atende toda a demanda de estudante da comunidade isolada de Sobrado, que estão regularmente matriculados e cursando: da pré-escola até o 9º ano do EF, incluindo o 1º e o 2º segmento da EJA, do 1º ao 5º ano e do 6º ao 9º ano do EF no período noturno.

A coluna NA, representa 1,45% de alunos matriculados e cursando o 2º segmento da EJA do 6º ao 9º ano do EF no período noturno; a coluna NB corresponde a 42,03% de alunos matriculados e cursando da pré-escola até o 9º ano do EF, no período diurno; a coluna NC corresponde a 56,52% dos alunos matriculados e cursando o 1º segmento do 1º ao 5º ano do EF da EJA no período noturno.

Os estudantes mais beneficiados pelo sistema de geração (SAPV) são os que cursam o 1º segmento da EJA no período noturno, conforme a Figura 66 e 67, considerando a sede da APASCO.

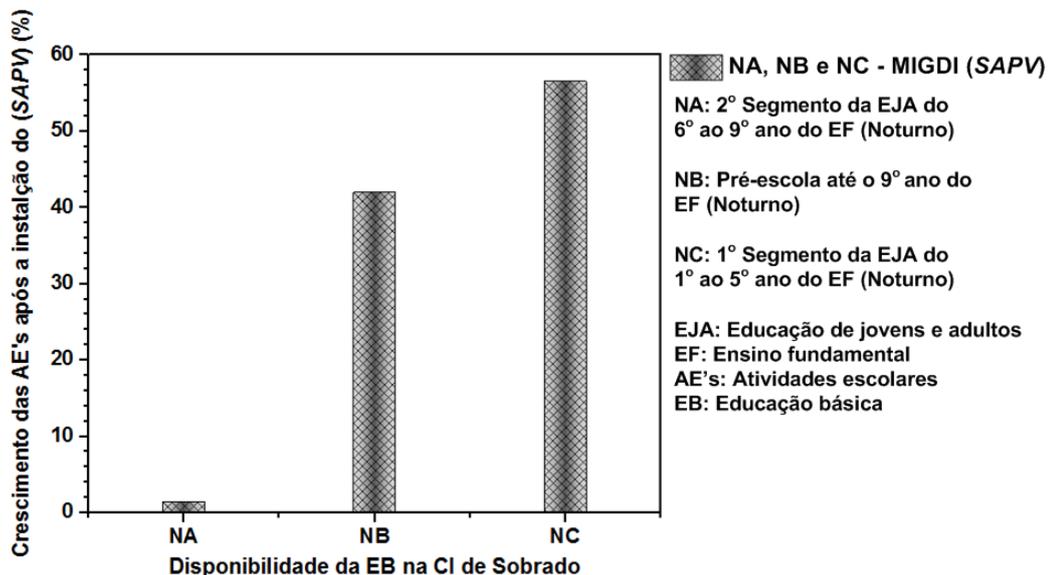


Figura 66: Disponibilidade da educação básica na CI de Sobrado, por meio do SAPV  
 Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 67 demonstra a importância da eletricidade após a instalação do sistema de geração SAPV.

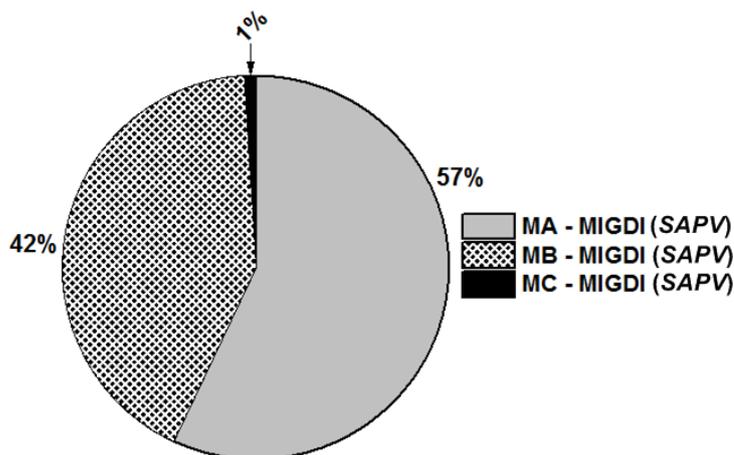


Figura 67: Distribuição das atividades escolares na sede da APASCO  
 Fonte: Elaborado pelo autor

A continuidade no fornecimento de energia elétrica demonstrado pelo setor MA com 42% das atividades escolares realizada durante o dia, como a consulta de pesquisas escolares na internet da pré-escola até 9º ano do ensino fundamental. O setor MB,

com 57% das atividades escolares realizadas no período noturno destinadas ao 1º segmento da EJA do 1º ao 5º ano do ensino fundamental e o setor MC com 1% para as atividades escolares pertencentes ao 2º segmento do 6º ao 9º ano da EJA.

As questões 22 e 23 referem-se ao maior número de estudantes matriculados e cursando a educação básica do 1º ao 9º ano do ensino fundamental, para o 1º e o 2º segmento da EJA, no período noturno, pela instalação da miniusina SAPV com a introdução da luz elétrica e computador para consulta de pesquisas com acesso à internet, como parte integrante das atividades escolares para as famílias residentes na Comunidade Isolada de Sobrado, atendida exclusivamente pela escola municipal São José, na sede da (APASCO).

A Figura 68 demonstra a importância do fornecimento contínuo de eletricidade pela instalação do (SAPV), para as questões 22 e 23, demonstrado pelo setor MA, com 3% de alunos matriculados na EJA do 1º ao 2º segmento, incluindo as famílias residentes no ramal da Terra Preta; o setor MB com 13% representa a totalidade de 15 alunos matriculados na EJA que são moradores da sede da (APASCO) e o setor MC com 84%, corresponde a 25 alunos matriculados que estão cursando a EJA e que são moradores da sede da APASCO, Igarapé de Sobrado (SIGFV) e ramal da Terra Preta NARTP.

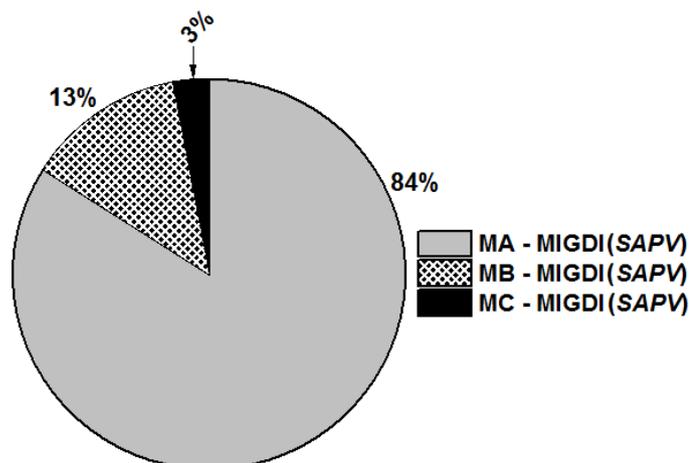


Figura 68: Alunos regularmente matriculados na EJA sede da APASCO – SAPV

Fonte: Elaborado pelo autor

A questão 24 demonstra o número de alunos concluintes do 9º ano do ensino fundamental completo que migram para o município de Novo Airão, com a finalidade de concluir o 3º ano do ensino médio, mostrado pela Figura 69.

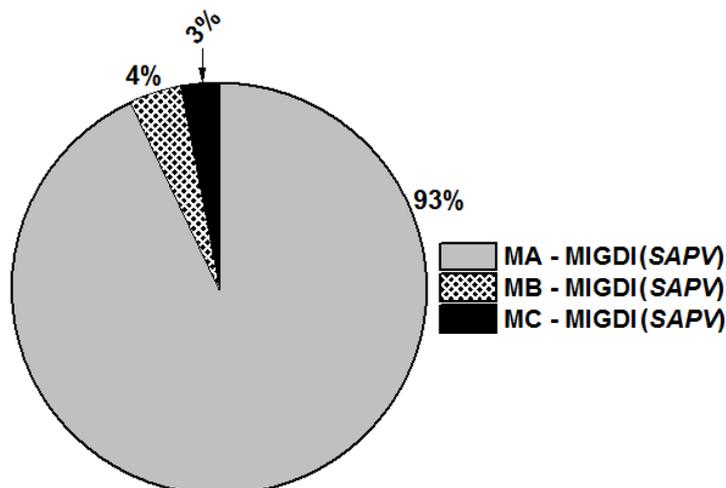


Figura 69: Concluintes do 9º ano do ensino fundamental completo  
Fonte: Elaborado pelo autor

O setor MA, corresponde a 93% de moradores da sede da (APASCO) com 7 alunos concluintes do 9º ano do ensino fundamental, incluindo as famílias residentes no ramal da Terra Preta; o setor MB com 4% representa a totalidade de 6 alunos concluintes que são residentes do ramal da Terra Preta (NARTP) e o setor MC com 3%, corresponde a 5 alunos concluintes, considerando os moradores da sede da APASCO, igarapé de Sobrado (SIGFV) e ramal da Terra Preta (NARTP).

A questão 25 refere-se ao número de concluintes do ensino médio completo até o 3º ano, considerando os moradores na sede da (APASCO), igarapé de Sobrado com acesso à energia elétrica pelo SIGFV e ramal da Terra Preta, que continuarão os estudos com o ingresso no ensino universitário público ou privado migrando para os municípios de Novo Airão, Manacapuru e Manaus, mostrado pela Figura 70.

Os moradores que migram da comunidade isolada de Sobrado para o município de Novo Airão, Manacapuru e Manaus, com a finalidade de concluir o ensino médio são demonstrados pelo setor MA com 90% de moradores da sede da (APASCO), igarapé de Sobrado (SIGFV) e ramal da Terra Preta (NARTP), correspondendo a 5 alunos concluintes do 3º ano do ensino médio; o setor MB com 7%, representa a totalidade de 4 alunos concluintes do 3º ano do ensino médio que são residentes do ramal da

Terra Preta (NARTP); e o setor MC com 3%, corresponde a 3 alunos concluintes do 3º ano do ensino médio, considerando na contagem somente os moradores da sede da (APASCO).

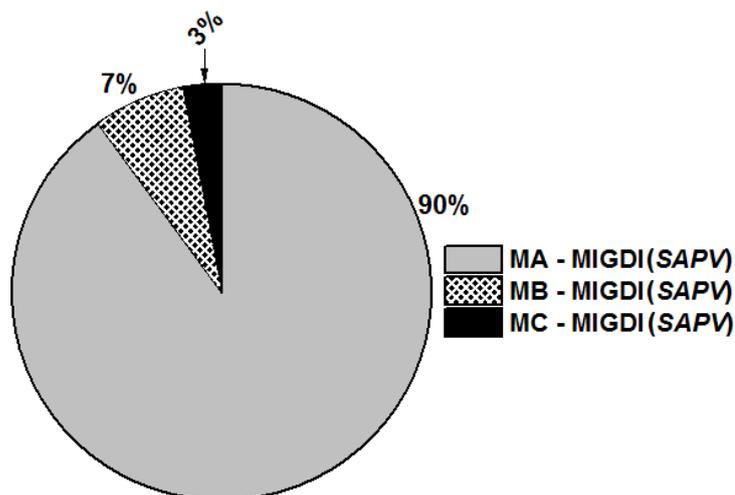


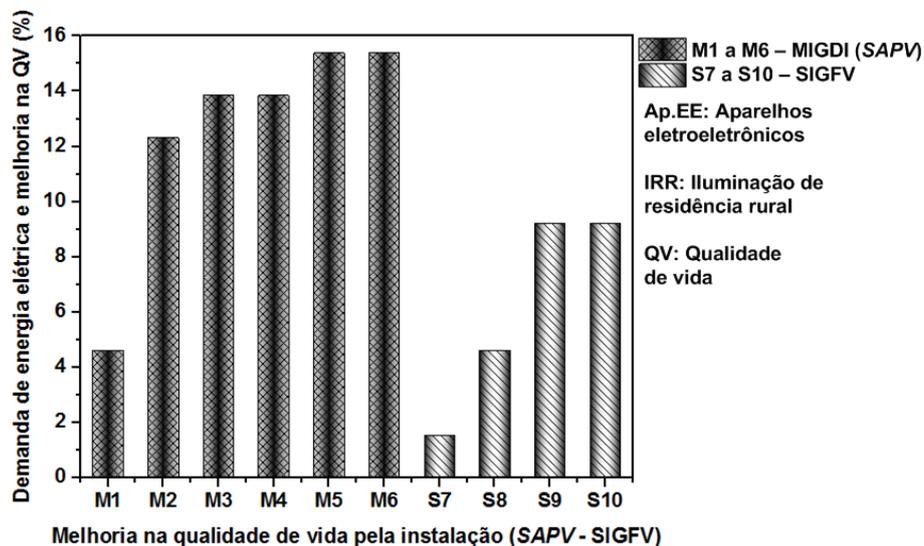
Figura 70: Concluintes do 3º ano do ensino médio completo  
Fonte: Elaborado pelo autor

As questões 26 e 27 não obtiveram pontuação entre os entrevistados para as quatro localidades distintas da comunidade isolada de Sobrado, na sede da (APASCO – MIGDI – SAPV), quanto à conclusão do ensino superior (nível universitário), assim como a inserção dos moradores da CI de Sobrado em emprego público concursado ou em empresa privada, ainda com residência no município de Novo Airão, com pertinência à comunidade de Sobrado. Na questão 27 nenhum dos respondentes concluiu o ensino universitário ou curso de pós-graduação, referente à afinidade para a comunidade, como engenharia de recursos pesqueiros, engenharia florestal e engenharia bioquímica.

A questão 28 refere-se às melhorias na qualidade de vida, pela introdução da tecnologia de geração (SAPV), por meio do acesso à energia elétrica na sede da (APASCO) e no igarapé de Sobrado, por meio do sistema individual de geração FV (SIGFV), conforme a Figura 71.

As colunas M1 a M6 demonstram as melhorias na qualidade de vida pelo acesso à eletricidade e aos aparelhos eletroeletrônicos, conforme a ampliação dos recursos energéticos proposta dos vetores energéticos e as recomendações das diretrizes das

fichas metodológicas da ASCV, na sede da APASCO pela introdução da tecnologia MIGDI - SAPV e SIGFV.



- Melhoria na qualidade de vida pela instalação (SAPV - SIGFV)**
- |   |   |
|---|---|
| <b>M1:</b> Reduziu o trabalho doméstico feminino pela introdução de refrigeradores e freezers                                       | <b>M6:</b> Há urgência na repotenciação das miniusinas FV com a conexão à rede elétrica convencional  |
| <b>M2:</b> O sistema autônomo de geração FV proporcionou a estocagem de pescado e polpas de frutas e pescado em freezers até 200 L; | <b>S7:</b> Proporcionar aulas no período noturno da EJA no igarapé de Sobrado                         |
| <b>M3:</b> Proporcionou atividades educativas comunitárias no período noturno;  | <b>S8:</b> Proporcionou atividades educativas comunitárias nas residências no período noturno         |
| <b>M4:</b> Melhorou o lazer na comunidade pelo acesso as tecnologias da informação e (Ap.E.E);                                      | <b>S9:</b> Melhorou o lazer no igarapé de Sobrado pelo acesso as tecnologias da informação e (Ap.E.E) |
| <b>M5:</b> Proporcionou aulas no período noturno da EJA e IRR   | <b>S10:</b> Há urgência na repotenciação do SIGFV, com adição de módulos FV's e baterias              |

*Figura 71: Melhoria na qualidade de vida pela tecnologia de geração SAPV e SIGFV*

*Fonte: Elaborado pelo autor*

A coluna M1 corresponde a 4,62% na redução do trabalho doméstico feminino, pela possibilidade de conservação dos alimentos, por meio da introdução de refrigeradores e freezers. A coluna M2 representa 12,31% na melhoria da qualidade de estocagem e conservação de polpa de fruta e alimentos regionais de consumo próprio dos moradores em freezers de até 200 litros, para períodos de restrição da pesca artesanal pelo defeso, além de possibilitar a comercialização dos excedentes de produção da hortifruticultura em forma de polpa e pescados congelados.

As colunas M3 e M4 correspondem a 13,85% de melhorias nas atividades educativas comunitárias no período noturno, lazer na comunidade pelo acesso as tecnologias da informação, por meio de aparelhos eletroeletrônicos de DVD, televisores de 14", receptores de sinais analógicos com conversor digital de canais abertos, carregadores

de baterias avulsas para lanternas e aparelhos de telefonia celular, telefones celulares rurais de linha fixa, antenas com fonte externa de alimentação para amplificadores de sinal, desonerando as despesas com o óleo diesel.

A coluna M5 corresponde a 15,38% de melhoria na realização de aulas para a educação de jovens e adultos (EJA) e na iluminação de três compartimentos das residências rurais.

A coluna M6 corresponde a 15,38% da urgência na repotenciação da miniusina FV, assim como a possibilidade de conexão com a rede elétrica convencional, com uma extensão de 25 km do município de Novo Airão, por meio de trechos alagados e topografia acidentada, com uma linha de média tensão de 15kV até a sede da APASCO.

As colunas S7 a S10 demonstram as melhorias na qualidade de vida pelo acesso à eletricidade e aos aparelhos eletroeletrônicos, conforme a ampliação dos recursos energéticos, proposta pelos vetores energéticos no igarapé de Sobrado pela introdução dos sistemas individuais de geração FV (SIGFV), onde S7 corresponde a 1,54% das necessidades energéticas para a nova escola municipal do igarapé de Sobrado, em fase final de construção, o que possibilitará a realização das aulas da EJA no período noturno, para o 1º e o 2º segmento do 1º ao 9º ano do ensino fundamental. Isso proporcionará melhorias na qualidade de vida, por evitar a perigosa travessia fluvial durante a noite, após o término das aulas, na sede da APASCO.

A coluna S8 indica que 4,62% proporcionou a integração de atividades educativas e comunitárias no período noturno. A coluna S9 corresponde a 9,23% de melhoria no lazer, pelo acesso às tecnologias de informação e aparelhos eletroeletrônicos, com condições similares aos dos moradores na sede da APASCO. A coluna S10 corresponde a 9,23% na repotenciação do SIGFV, com a adição de módulos FV's e baterias.

A melhoria da qualidade de vida de todas as categorias de UC's que já possuem acesso à eletricidade, pela introdução da tecnologia SAPV e SIGFV, é demonstrada pela Figura 72.

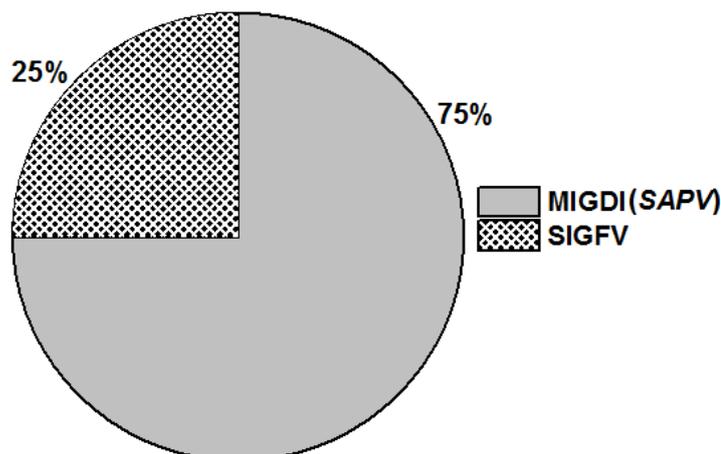


Figura 72: Distribuição na melhoria da qualidade de vida pela instalação do SAPV e SIGFV  
Fonte: Elaborado pelo autor

Na sede da APASCO e no igarapé de Sobrado todas as melhorias na qualidade de vida pelo acesso à energia elétrica, por meio da minirrede de distribuição SAPV e por sistemas individuais de geração FV (SIGFV), corresponde a 75% e 25%.

A questão 29 refere-se à expansão do sistema de geração SAPV para a construção de uma unidade funcional de produção da farinha de mandioca, com automação dos processos, na sede da APASCO, conforme a Figura 73.

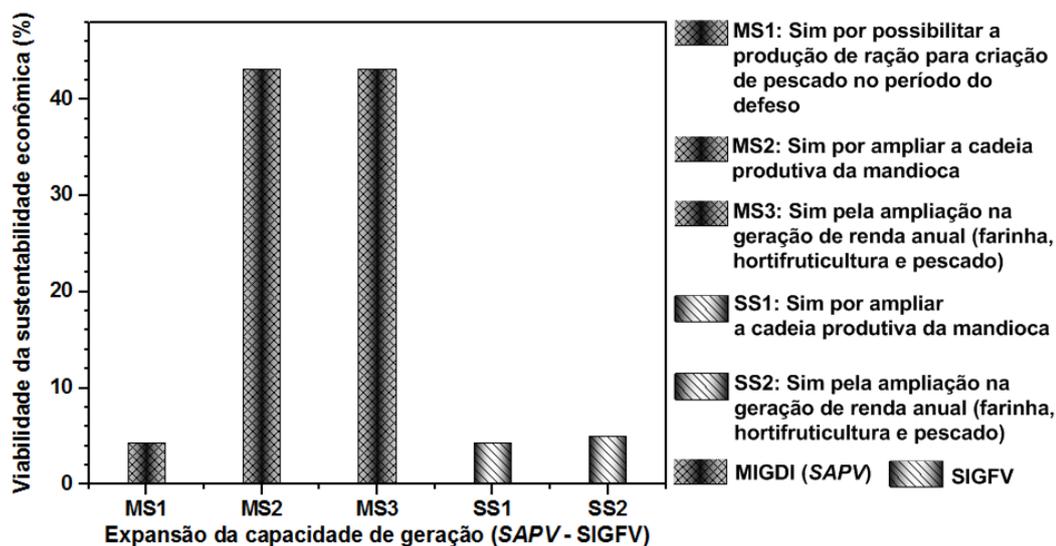


Figura 73: Expansão da capacidade de geração na sede da APASCO e SIGFV  
Fonte: Elaborado pelo autor

A coluna MS1 corresponde a 4,32% de aderência pela produção de ração para a criação de pescado no período do defeso; a coluna MS2 representa 43,17% de aderência para a ampliação da unidade funcional de produção da farinha de

mandioca, tucupi e fécula; e MS3 corresponde a 43,17% pela ampliação na geração de renda anual agregada a produção da farinha de mandioca, hortifruticultura e pescado regional.

Os moradores do igarapé de Sobrado, com acesso à eletricidade, por meio do sistema individual de geração FV (SIGFV), correspondem a 4,32% representado pela coluna SS1, com a aderência dos entrevistados pela ampliação da capacidade de geração da renda anual agregada pela produção de derivados de amido, pela expansão da miniusina SAPV na sede da APASCO; a coluna SS2 corresponde a 5,04%, demonstrando a aderência dos entrevistados pela ampliação da capacidade de geração da renda anual agregada pela produção de farinha de mandioca, hortifruticultura e pescado, pela expansão da miniusina (SAPV) na sede da APASCO.

A Figura 74 mostra os efeitos de expansão na capacidade de geração SAPV e SIGFV.

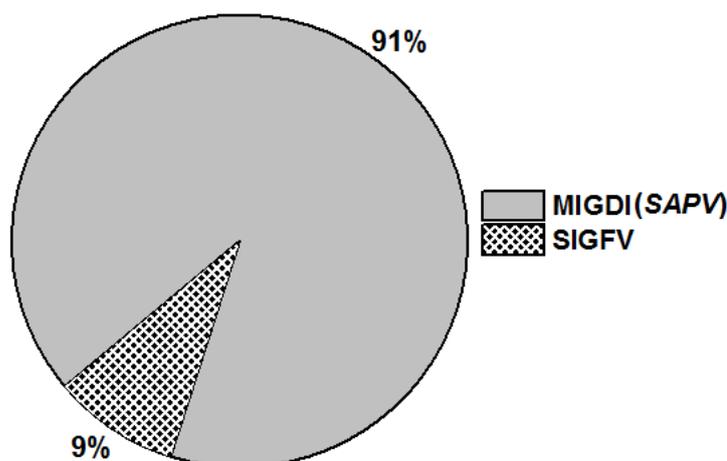
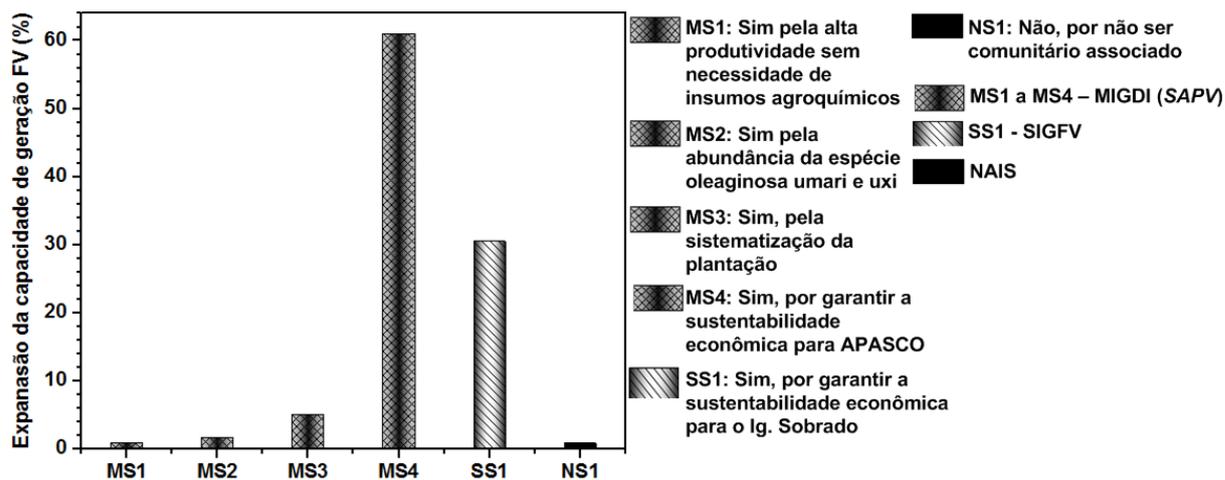


Figura 74: Efeitos da expansão na capacidade de geração na sede da APASCO e SIGFV  
Fonte: Elaborado pelo autor

A expansão dos sistemas de geração FV (SAPV) e (SIGFV), representa 91%, incluindo a produção de ração para a criação de pescado no período de defeso, a cadeia produtiva da mandioca para (farinha, tucupi e fécula) e a ampliação na geração de renda anual agregada a produção de farinha, hortifruticultura e pescado e, 9% dos efeitos propulsores na melhoria da qualidade de vida de todas as categorias de UC's que já possuem acesso à eletricidade pela introdução da tecnologia (SAPV) e (SIGFV). Não houve interesse na participação dos moradores do igarapé de Sobrado e pelos moradores do ramal da Terra Preta (NARTP), por não possuírem o acesso à

eletricidade e se dedicarem a produção de hortifruticultura regional e produção da farinha de mandioca.

A questão 30 é mostrada pela Figura 75 pela implementação de uma cadeia produtiva pela construção e instalação de uma unidade funcional de produção de óleos vegetais destinados à indústria de cosméticos.



Implementação de cadeia produtiva de óleos vegetais (SAPV e SIGFV)

Figura 75: Os efeitos da implementação de uma cadeia de produtiva de óleos vegetais para a expansão da capacidade de geração SAPV e SIGFV

Fonte: Elaborado pelo autor

O beneficiamento do óleo vegetal de umari (*poraqueiba sericeia Tul*), uxi (*Endopleura uchi (Huber) Cuatrec*), pela expansão da capacidade de geração e distribuição de energia elétrica do SAPV, conforme a importância estratégica para viabilizar a sustentabilidade econômica da comunidade isolada de Sobrado, para os moradores das três localidades distintas na sede da APASCO – MIGDI – SAPV, SIGFV, NAIS. Não houve interesse pelos moradores do ramal da Terra Preta (NARTP), por não possuir acesso à eletricidade.

As colunas MS1 a MS4 correspondem à implementação da cadeia produtiva de óleos vegetais de umari e uxi, na sede da APASCO, de acordo com a coluna MS1 representando uma aderência de 0,85% para a instalação de uma unidade funcional de óleos vegetais pela alta produtividade das espécies nativas na comunidade isolada de Sobrado, entre os meses de outubro a fevereiro, com cerca de 250 kg de frutos por cultivar, com um rendimento de 20 litros de óleo vegetal.

A coluna MS2 corresponde a 1,69% de aderência para a implementação de uma unidade funcional de produção de óleos vegetais; a coluna MS3 corresponde a 5,08% de aderência para a implementação de uma unidade funcional de produção, embora represente uma pequena quantidade de cultivares frutíferas concentrada por (m<sup>2</sup>), por se tratarem de espécies nativas, necessitando de sistematização no processo de coleta dos frutos; a coluna MS4 corresponde a 61,02% de aderência para a implementação de uma unidade funcional de produção, por garantir a sustentabilidade econômica na geração e incremento na renda.

A coluna SS1 corresponde a 30,51% de aderência entre os entrevistados por garantir a sustentabilidade econômica na geração e incremento na renda dos moradores do igarapé de Sobrado, assim como a necessidade de elaboração do produto final com a inserção dos pressupostos da economia verde e *eco-design*, proporcionando o conhecimento das as fases do processo produtivo até a inserção do produto final no mercado consumidor com todas as partes componentes recicláveis.

A coluna NS1 corresponde a 0,85% de aderência pelo entrevistado em relação à implementação de uma unidade funcional de produção de óleos vegetais. Por se tratar de um único morador não atendido por sistemas de geração FV (SAPV) e (SIGFV). A composição binária entre salário e educação é pertinente para o desenvolvimento das regiões e, replicáveis a partir do modelo de geração FV para comunidades isoladas. A seguir as considerações da Figura 76.

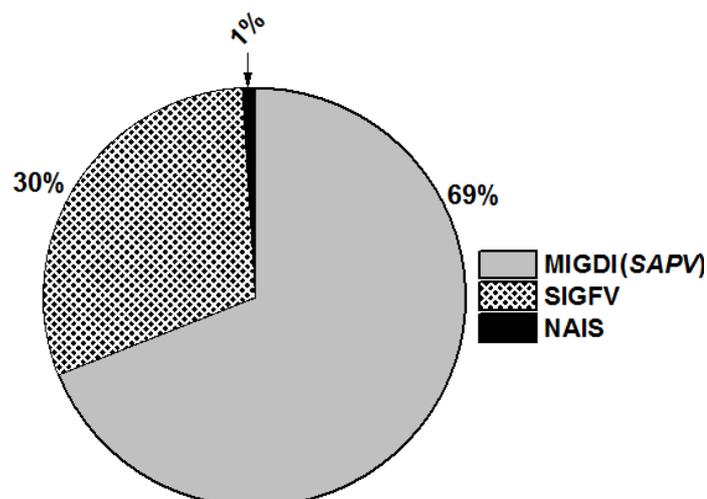


Figura 76: Expansão da capacidade de geração para a produção de óleos vegetais  
Fonte: Elaborado pelo autor

A sede da APASCO corresponde a 69% de aderência pela expansão, 30% para o igarapé de Sobrado com acesso à eletricidade, por meio do sistema individual de geração FV (SIGFV) e 1% de aderência pelo morador sem acesso de eletricidade do igarapé de Sobrado.

A expansão dos sistemas de geração FV (*SAPV*) e (SIGFV) representa o vetor energético que possibilita a implementação de uma cadeia produtiva de óleos vegetais. Isso pode ser propulsor na melhoria da qualidade de vida de todas as categorias de UC's que já possuem acesso à eletricidade, pela introdução da tecnologia *SAPV* e SIGFV.

#### **4.4. Considerações Finais do Capítulo**

O estudo de caso realizado na comunidade isolada de Sobrado, considerando os moradores das quatro localidades distintas na sede da APASCO – MIGDI – *SAPV*, (SIGFV), (NAIS) e pelos moradores do ramal da Terra Preta (NARTP), cujos resultados obtidos, identificaram uma baixa intensidade energética para a realização das atividades laborais referentes à produção de hortifruticultura regional, pesca artesanal e para a produção de farinha de mandioca. Os benefícios pela introdução da energia elétrica por sistemas FV's, concentrou-se na melhoria do acesso a educação básica pelos moradores da comunidade isolada de Sobrado.

### **5. CONCLUSÕES**

O tema deste trabalho, geração e o uso da energia fotovoltaica em comunidade isolada no estado do Amazonas, com abordagem do ciclo de vida, desvelou a interação dos moradores da comunidade isolada de Sobrado/AM, com o sistema *SAPV* implementado pelo PLpT, minirrede de distribuição e por meio da gestão remota de créditos pré-pagos de energia consumida, como um sistema de geração de maior confiabilidade por garantir o fornecimento de energia elétrica a comunidade em regime contínuo, em relação aos pequenos geradores de (C.A), acionados por motores de combustão interna de gasolina e óleo diesel, amplamente utilizados por comunidades isoladas na Amazônia, pela sua celeridade no fornecimento de eletricidade, embora seja em regime intermitente pelas despesas com o combustível e manutenção.

A aplicação da ACV e ASCV e a pertinência de suas evidências para a validade interna, e para a validade externa, demonstram a aplicabilidade destes resultados para outros objetos de análise para geração FV em CI, alcançando de forma satisfatória os objetivos gerais e específicos, contemplando as propostas do presente trabalho, com destaque para:

- I. A abordagem do ciclo de vida ambiental, demonstrando um resultado pertinente para o decréscimo das taxas de emissões de CO<sub>2</sub> estimada em (kgCO<sub>2</sub>-eq/kWh), por meio do método de consumo e produção anual de energia elétrica com (0,131kg – 0,129kg para SAPV 4,2 kWp); (0,107kg – 0,044kg – 0,041kg para o SAPV de 16,8 kWp) e (0,023kg para SIGFV de 10 kWp), em relação a um sistema diesel-elétrico isolado com 1,270 kg;
- II. O balanço de energia incorporada dos CEE, com 40,17% para os módulos FV e 48,18% para as baterias para a fase de produção, sem a adição energéticos fósseis, considerando a fase de geração da eletricidade;
- III. O *EPBT*, demonstrou uma progressiva redução do payback de energia pela aplicação do método de produção anual de energia elétrica (8,99 – 2,99 h.o – 2,84 anos) e pelo método do consumo anual de eletricidade (9,08 – 7,45 – 3,07 – 1,46 anos).

A ASCV, pelo acesso de energia elétrica pela introdução de um sistema de geração FV, proporcionou a ampliação do espectro de aplicação das subcategorias das diretrizes metodológicas da *UNEP/SETAC* (2009; 2011; 2013), além de sua aplicação convencional, por meio do protocolo de dados direcionados para a renda da mensal e o nível de escolaridade, com ênfase na melhoria da qualidade de vida para o nível de escolaridade:

- I. Por proporcionar 15,38% de realização de aulas no período noturno EJA e a iluminação das residências rurais, sem as despesas adicionais com a aquisição de combustíveis e peças de manutenção para geradores diesel-elétrico para a APASCO;
- II. Melhorou as condições de lazer em 13,85% pela introdução de Aparelhos eletroeletrônicos na sede da APASCO;

- III. Possibilitou o incremento na renda mensal em 12,31% pelo congelamento de pescado e polpa de fruta;
- IV. Ingresso de 1,39% de habitantes da CI de Sobrado no Ensino Universitário Privado;
- V. Ingresso de 2,06% de habitantes da CI de Sobrado no Ensino Universitário Público;
- VI. A continuidade de 7,22% dos habitantes da C.I de Sobrado no 1º Segmento do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental (EJA – Noturno);
- VII. A continuidade de 8,25% dos habitantes da CI de Sobrado no 2º Segmento do 6º ao 9º ano Ensino Fundamental (Diurno);
- VIII. A continuidade de 61,86% dos habitantes da CI de Sobrado no 1º Segmento do 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental (Diurno).

## **6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS**

A replicabilidade do estudo de caso para a ACV envolvendo o (SAPV) é possibilitada pela aplicação das recomendações da literatura científica atualizada para o balanço de massa e energia incorporada, *EPBT* e pelas taxas de emissões ( $\text{kgCO}_2\text{-eq/kWh}_{\text{el}}$ );

A replicabilidade do estudo de caso para ASCV é possibilitada pela aplicação combinada das diretrizes das fichas metodológicas, conforme as categorias (Partes Interessadas – Trabalhadores e Comunidade Local) e subcategorias (Salário Mínimo e Nível de Esclarecimento), conforme as atualizações da literatura científica e as recomendações da *UNEP/SETAC* (2009; 2011 e 2013).

### **6.1 Desdobramentos com a contribuição desta pesquisa**

Os indicadores quantitativos da ASCV podem ser utilizados por meio da proposta do modelo conceitual das diretrizes das fichas metodológicas (*UNEP/SETAC* 2009; 2011; 2013), para a elaboração de uma cartilha de implementação do processo produtivo do biodiesel de dendê, pela introdução da tecnologia descentralizada de produção de combustível, proporcionando a complementaridade energética e a melhoria para a Qualidade de Vida dos moradores da CI de Sobrado/AM.

## REFERÊNCIAS

- AKÇA, Y.; ESEN, Ş.; ÖZER, G. **The Effects of Education on Enterprise Resource Planning Implementation Success and Perceived Organizational Performance.** *International Bussiness Resource*, (6) 168–179, 2013.
- ALCOTT, B. **The sufficiency strategy: would rich –word frugality lower environmental impact?** *Ecological Economics*. 64 (4): 770 – 786, 2008.
- ALSEMA, E. A.; WILD-SCHOLTEN, M. J. **The real environmental impacts of crystal-line silicon PV modules: an analysis based on up-to-date manufacture data.** In: *Proceedings of the 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference. Barcelona*, 3, 6 - 10, 2005.
- ALSEMA, E. A.; WILD-SCHOLTEN, M. J. **Environmental impacts of crystalline silicon photovoltaic module production.** In: *Proceedings of Materials Research Society Fall Meeting*. Boston, Nov.29-Dec2, 2005.
- ALSEMA, E. A.; WILD-SCHOLTEN, M. J.; FTHENAKIS, V. M. **Environmental impacts of PV electricity generation a critical comparison of energy supply options.** In: *Proceedings of 21th European Photovoltaic Solar Energy Conference*. Dresden, Germany, 2, 4 - 8, 2006.
- ALSEMA, E.; FRAILE, D.; FRISCHKNECHT, R.; FTHENAKIS, V.; HELD, M.; KIM, H.C. et al. **Methodology guidelines on life cycle assessment of photovoltaic electricity.** *IEA PVPS Task 12, Subtask 20, LCA Report*, October, 2009 (a).
- ALSEMA, E.A.; FRANKL, P.; KATO, K. **Energy pay-back time of photovoltaic energy systems: present status and prospects.** In: Presented at the 2nd World Conference on Photovoltaic Solar Energy Conversion. Vienna, p. 6–10, July, 1998.
- ANDERSSON, K.; EIDE, M. H.; LUNDQVIST, M.; MATTSSON, B. **The fearsibility of including sustainability in LCA for product development.** *Journal Clean Production*. 6 (3 – 4), 289 – 298, 1998.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** Brasília: *Assessoria de Comunicação e Imprensa*, ACI e ANEEL, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/index.aspx>, 2015. Acesso em: 14 de outubro de 2015.

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 3, 22 - 236, 2008.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 493, de 5 de junho de 2012**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoren2012493.pdf>. Acesso em: 20 outubro de 2015.
- ANKER, R. **Estimating a Living Wage: A Methodological Review; International Labour Organization**: Geneva, Switzerland, 2011.
- ANTONIDES, G. **Well-being**. In: Psychology in Economics and Business. Springer. Dordrecht, Netherlands, 1991.
- APACARANA, S.; SALHOFER, S. **Application of a methodology for the social life cycle assessment of recycling systems in low income countries: three Peruvian case studies**. *International Journal Life Cycle Assessment*. 18, 1116 – 1128, 2013.
- ARAKAWA, T.; HISHINUMURA, Y.; *et al.* **New Technology for Environment-Friendly Thermal Power Plants**. *Hitachi Review*, 42, 5 – 49, 1993.
- BAJAY, S.V. **Integrating competition and planning: a mixed institutional model of the Brazilian electric power sector**. *Energy*, 31, 76 – 865, 2006.
- BARTHEL, L; WOLF, M. A; EYERER, P. **Methodology of Life Cycle Sustainability for Sustainability Assessments**. *Presentation on the 11th Annual International Sustainable Development Research Conference (AISDR)*, Helsinki Finland, 6th–8th of June 2005.
- BECALLI, M; CELLURA, M; FINOCCHIARO, P; *et al.* **Life cycle performance assessment of small solar thermal cooling systems and conventional plants assisted with photovoltaics**. *Solar Energy*, 104, 93-102, 2014.
- BECKER, B. K.; MIRANDA, M. **A geografia política do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, Brasil: UFRJ, 9 – 494, 1997.
- BEN - **Balanco Energético Nacional 2009**: Ano base 2008 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2009.
- BEN - **Balanco Energético Nacional 2010**: Ano base 2009 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2010.

- BEN - **Balço Energético Nacional 2011**: Ano base 2010 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2011.
- BENKO, G. **Economia, Espaço e Globalização na aurora do século XXI**. São Paulo, Hucitec, 46 – 266, 1996.
- BENOÎT, C.; NORRIS, G. A.; VALDIVIA, S.; CIROTH, A.; MOBERG, A.; BOS, U.; PRAKASH, S.; UGAYA, C.; BECK, T. **The guidelines for social life cycle assessment of products: Just in time!** *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 15, 156–163, 2010.
- BENOÎT-NORRIS, C.; VICKERY-NIEDERMAN, G.; VALDIVIA, S.; FRANZE, J.; TRAVERSO, M.; CIROTH, A.; MAZIJN, B. **Introducing the UNEP/SETAC methodological sheets for subcategories of social LCA**. *International Journal of Life Cycle Assessment*. 16, 682–690, 2011.
- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D. N. **A Produção Científica nos Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Um Levantamento de Métodos e Tipos de Pesquisa**. *Produção*, (9), 2, 65-76, 2000.
- BLACKHURSTA, M; AZEVEDO, I. L.; MATTHEWS, H.S. et al. **Designing building energy efficiency programs for greenhouse gas reductions**. *Energy Policy*, 39, 5269 – 5279, 2011.
- BLASQUES, L. C. M; PINHO, J. T. **Metering systems and demand-side management models applied to hybrid renewable energy systems in micro-grid configuration**. *Energy Policy*, Vol. 45, 721–729, 2012.
- BLOM, M.; SOLMAR, C. **How to socially assess biofuels – a case study of the UNEP/SETAC Code of Practice for social – economical LCA**. *Quality and Environmental Management*. Stockholom, Lulea University of Technology.
- BOYLE, C. **Education, sustainability and cleaner production**. *Journal Clean Production*. 7, 83–87, 1999.
- BRANCO, D. C.; SZKLO, A.; GOMES, G.; et al. **Abatement costs of CO<sub>2</sub> emissions in the Brazilian oil refining sector**. *Applied Energy*, 88, 3782 - 3790, 2011.
- BRASIL. PIE - Produtores independentes de energia. **Resolução nº 24 de 27 de janeiro de 2000**. In: *Juris Síntese*. Porto Alegre, janeiro/fevereiro, 2000.

- CACHAPUZ, P. B. B. **Panorama do Setor de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Centro da Memória da Eletricidade no Brasil, *Eletronbras*, 20, 12 – 23, 2006.
- CAÑEQUE, F.C. **Evaluación de la situación laboral de empresas: El Análisis del Ciclo Vida como herramienta para el Desarrollo Sostenible**. *Departamento de Economía i Organización de Empresas*, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain, 2002.
- CARNEGIE, K.L.; NIELSEN, H.; GLOVER, C. **Stepping upstream “naturally” for cleaner production through community environmental learning**. *Journal Clean Production*. 8, 391–396, 2000.
- CARTAXO, E. F. **Fornecimento de serviço de energia elétrica para comunidades isoladas da Amazônia: reflexões a partir de um estudo de caso**. Tese de Doutorado, Unicamp, 2000.
- CARVALHO, J. de; SAUER, Ildo. **Does Brazil need new nuclear power plants?** *Energy Policy*, 37, 1580 -1584, 2009.
- CCEE - Câmara do Comercio de Energia Elétrica. **Leilões de Energia Elétrica**. São Paulo. *Disponível em*: <http://www.ccee.org.br/cceeinterdsm/>, 2009. *Acesso em*: 14 de março de 2015.
- CE - Canal Energia. **ANNEE aprova procedimentos operativos de curto prazo**. São Paulo: *Agência Canal Energia*, *Disponível em*: <http://www.nuca.ie.ufrj.br/blogs/gesel-ufrj/index.php?/archives/662-Anee-aprova-Procedimentos-Operativos-de-Curto-Prazo.html>, 2009. *Acesso em*: 12 de setembro de 2015.
- CEC - **COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES**. Building on environmental life-cycle thinking. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament: Integrated Product Policy-IPP. COM (2003) 302 final. Bruxelas.
- CEC – **Green Paper on Integrated Product Policy**. COM (2001) 68final. *Comimission of the European Communities*, Brussels, 2001.
- CHARKIEWICZ, E. **Transitions to sustainable Production and Consumption: Concepts, policies, and actions**. NED, Tools for Transition, The Hague, 2001.

- CHEL, A.; TIWARI, G. N. **A case study of a typical 2.32 kWp stand-alone photovoltaic (SAPV) in composite climate of New Delhi (India).** *Applied Energy*, 88, 1415 – 1426, 2011.
- CHESF - Companhia, geração de energia. **Geração, transmissão e distribuição de energia, telecomunicações, meio ambiente.** Disponível em: [http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf\\_portal/paginas/inicio](http://www.chesf.gov.br/portal/page/portal/chesf_portal/paginas/inicio). Acesso em: 12 de outubro de 2015.
- CHHIPI-SHRESTHA, G. K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. **'Socializing' sustainability: a critical review on current development status of social life cycle impact assessment method.** *Clean Technology Environmental Policy*, 17, 579-596, 2015.
- CHICCO, G.; MANCARELLA, P. **A unified model for energy and environmental performance assessment of natural gas-fueled poly-generation systems.** *Energy Conversion and Management*, 49, 2069 - 2077, 2008.
- CHIU, M. C.; CHU, C. H. **Review of Sustainable Product Design from Life Cycle Perspectives.** *International journal of precision engineering and manufacturing*, 13, 1259-1272, 2012.
- CIRAG – AGEKO – **Rapport d'analyse détaillée: Analyse du cycle de vie environnementale et sociale de deux options de gestion du matériel informatique en fin de vie.** Montréal, Recyc-Québec, available [on line] <http://www.chaire-cycledevie.org/fr/v.php?>. Consulted in 10/2015.
- CIRAG – **Rapport Final-Analyse du cycle de vie comparative d'ampoules électriques: Incandescentes et fluorescents compactes.** Montréal, Centre interuniversitaire de recherche sur le cycle de vie des produits, procédés et services, Available [on line] [http://www.cirag.org/pdf/ACVAmpoules\\_Rapp\\_Final.pdf](http://www.cirag.org/pdf/ACVAmpoules_Rapp_Final.pdf), 2008. Consulted in 10/2015.
- CLASTRES, C. **Smart grids: Another step towards competition, energy security and climate change objectives.** *Energy Policy*, 39, 5399–5408, 2011.
- CLIFT, R. **Metrics for supply chain sustainability.** *Clean Technology Environmental Policy*, 5, 240-247, 2003.

- CLIFT, R.; SIM, S.; et al. **Sustainable Consumption and Production: quality, luxury and supply chain equity**. In: Jawahir IS and Sikhdar S (eds) *Treatise in sustainability science and engineering*. Springer, London (in press), 2012.
- CRESESB - **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito**. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>. Acesso em: 08 de outubro de 2015.
- CROOM, S. **Topic Issues and Methodological Concerns for Operations Management Research**. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management, Brussels, Belgium, 31st Jan-4th Feb, 2005.
- CURRIE, C.; ZANOTTI, C.; MORGAN, A.; ROBERTS, D.; LOOZE, M.; DE ROBERTS, C.; SAMDAL, O.; SMITH, O. R. F.; BARNEKOW, V. **Social Determinants of Health and Well-Being among Young People; World Health Organization: Copenhagen, Denmark, 2012.**
- DAS, A.; BALAKRISHNAN, V. **Sustainable energy future via grid interactive operation of spv system at isolated remote island**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 5430 – 5442, 2012.
- DE PAULA, S. T. **Entrevista junto à engenheira Telma de Paula, da Eletrobrás Amazonas Energia S.A, Gerência de Projetos de Universalização do Acesso a Energia**. Manaus, 16 abr. 2015.
- DONES, R.; FRISCHKNECHT, R. **Life-cycle assessment of photovoltaic systems: results of swiss studies on energy chains**. *Progress in Photovoltaics Research and Applications*. 6, p. 117–25, 1998.
- DREYER, L. **Interpretation of the Fundamental ILO Conventions into Business Context – Background for development of indicators for Social LCA**. Department of Manufacturing Engineering and Management. Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark, 2006.
- DREYER, L; HAUSCHILD, M; SCHIERBECK, J. **A Framework for Social Life Cycle Impact Assessment**. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11 (2) 88–97, 2006.

- DUARTE, A. R.; BEZERRA, U. H.; TOSTES, M. E. de L.; *et al.* **A proposal of electrical power supply to Brazilian Amazon remote communities.** *Biomass and Bioenergy*. 34, 1314 - 1320, 2010.
- DUFO-LÓPEZ, R.; ZUBI, G.; FRACASTO, G. V. **Tecno-economic assessment of an off grid PV-powered community kitchen for developing regions.** *Applied Energy*, 91, 255-262, 2012.
- EAE - ELETROBRAS AMAZONAS ENERGIA. **Eletrificação rural - PLpT 2008.** Disponível em: <http://www.amazonasenergia.gov.br/cms/luz-para-todos>, Acesso em: 25 de outubro de 2015.
- EC - **European Commission. Promoting a European framework for corporate social responsibility – Green paper, Luxembourg:** Office for Official Publications of the European Communities, 2001.
- EISENHARDT, K. M. **Building theories from case study research.** *The Academy of Management Review*, v. 14, n. 4, p. 532-550, Oct. 1989.
- ELETROBRAS – **Eletrobras Amazonas Energia inaugura miniusina fotovoltaica nesta sexta-feira em Novo Airão.** Assessoria de comunicação da Eletrobras. Disponível em: <http://www.eletrobras.com.br>. Acesso em: 22 de outubro de 2015.
- ELETROBRAS – ELETROBRAS AMAZONAS ENERGIA. **Atendimento a Manaus e Interior.** Plano de Ação GTSEM 2008 a 2009.
- ELETROBRAS - Eletrobras Amazonas Energia. **Nova usina termelétrica de Mauá 3 - 2013.** Disponível em: <http://www.amazonasenergia.gov.br>. Acesso em: 12 de setembro de 2015.
- ELETROBRAS. **Atendimentos Alternativos do Luz Para Todos, Experiência da Eletrobras com Sistemas de Atendimento para Eletrificação Rural, Utilizando Fontes Renováveis de Energia.** *Inova FV*, 2, 5 – 29, Campinas, 2011.
- ELETRONORTE MANAUS. **Planejamento da Expansão do Sistema Elétrico de Manaus 2008 a 2017.** Regime Permanente – ELN-EPEP-RE-2.007/06 – setembro, 2006.

- ELETRONORTE MANAUS. **Plano de Atendimento de Energia Elétrica no Estado do Amazonas 2004 a 2013**. Diretoria de Engenharia e Planejamento, Superintendência de Planejamento da Expansão, 2004.
- ELETRONORTE MANAUS. **Relatório Anual de Operação 1980**. Divisão de Estudos e Assistência Técnica do Departamento de Geração e Transmissão, 1980.
- ELETRONORTE MANAUS. **Relatório Anual de Operação 1981 a 1982**. Divisão de Operação de Sistema do Departamento de Geração e Transmissão, 1981 e 1982.
- ELETRONORTE MANAUS. **Relatório Anual de Operação 1983**, Departamento de Geração e Transmissão, 1983.
- ELETRONORTE MANAUS. **Sistema Elétrico de Manaus – Programa de Expansão do Sistema Elétrico de referência 20178/2008**. Diagramas Unifilares Gerais – Atualização do Relatório EPEP-RE-2.005/08 – EPEP-RE- 2.011/08 – Agosto de 2008.
- ELETRONORTE. **Ambiente, Desenvolvimento: Balbina**. Brasília, 1992.
- ELETRONORTE. **Eletronorte 25 anos. Memória da eletricidade**. Rio de Janeiro, 1998.
- ELETRONORTE. **Eletronorte: dez anos depois de história da energia na Amazônia**, Brasília, 1983.
- ELETRONORTE. **Uma nova visão de produção e comercialização de energia Elétrica**, Brasília. 1999.
- ELKINGTON, J. **Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business**. *Capstone Publishing Ltd.* (9), 1, 1999.
- EPA - Environmental Protection Agency. **Renewable Portfolio Standards**. US. Available. *Disponível em:* [http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/SHSU5BVPC6/\\$File/renewablesportfoliostandards.pdf](http://yosemite.epa.gov/oar/globalwarming.nsf/UniqueKeyLookup/SHSU5BVPC6/$File/renewablesportfoliostandards.pdf), 2002. *Acesso em:* 20 setembro de 2015.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Índice de Custo Benefício (ICB) de Empreendimentos de Geração Termelétrica**. *Metodologia de Cá*. Rio de Janeiro, 2006. *Disponível em:* <http://www.epe.gov.br/leiloes/Paginas/default.aspx>, 2006. *Acesso em:* 15 de janeiro de 2014.

- FEARNSIDE, P.M. **Brazil's Balbina Dam: Environment versus the legacy of the pharaohs in Amazonia.** *Environmental Management*, 4, 401-423, 1989.
- FILIPPINI, R. e VOSS, C. **Editorial. International Journal of Operations and Production Management**, v. 17, n. 7, p. 653-654, 1997.
- FILIPPINI, R. **Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM.** *International Journal of Operations & Production Management*, v. 17, n. 7, p. 655-670, 1997.
- FJELDSA, J.; LOVETT, J. C. **Biodiversity and environmental stability.** *Biodiversity and Conservation*. 6, 315–323, 1997.
- FLYSJÖ, A. **Indicators as a Complement to Life Cycle Assessment – A Case Study of Salmon.** Presentation held 17th of June 2006 in Lausanne, 2006.
- FINKBEINER, M.; SCHAU, E. M.; LEHMANN, A.; TRAVERSO, M. **Towards life cycle sustainability assessment.** *Sustainability*, 2 (10): 3309 – 3322, 2010.
- FINNVEDEM, G.; HAUSCHILD, M. Z. et al. **Recent development in life cycle assessment.** *Journal Environmental Management*. 91 (1): 1 - 21, 2009.
- FORTUNATO, L. A. M.; NETO, T. A. A.; ALBUQUERQUE, J. C. R; PEREIRA, M. V. **F. Introdução ao Planejamento da Expansão e Operação de Sistemas de Produção de Energia Elétrica.** Niterói: *EDUFF*, 1990.
- FORZA, C. **Survey research in operations management: a process-based perspective.** *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- FROTA, W. M. ; ROCHA, B. R. P. **Benefits of natural gas introduction in the energy matrix of isolated electrical system in the city of Manaus – state of Amazonas - Brazil.** *Energy Policy*, 38, 1811 - 1818, 2010a.
- FROTA, W. M.; ROCHA, B. R. P. et al. **Natural gas: the option for a sustainable development and energy in the state of Amazonas.** *Energy Policy*, 38, 3830 - 3836, 2010b.
- FTHENAKIS, V. M.; ALSEMA, E. A. **Photovoltaics energy payback times, greenhouse gas emissions and external costs: 2004 early 2005 status.** *Progress in Photovoltaics Research and Applications*, 14, p. 275–280, 2006.

- FTHENAKIS, V. M.; KIM, H. C. **Photovoltaics: Life-cycle analyses**. *Solar Energy*, 85, 1609-1628, 2011.
- FTHENAKIS, V.; FRISCHKNECHT, R.; RAUGEI, M.; KIM, H. C.; ALSEMA, E.; HELD, M. et al. **Methodology guidelines on life cycle assessment of photovoltaic electricity**. 2nd ed, IEA PVPS Task 12, *International Energy Agency Photovoltaic Power systems Programme*, 2009(b).
- FTHENAKIS, V.; KIM, H. C.; FRISCHKNECHT, R.; RAUGEI, M.; SINHA, P.; STUCKI, M. **Life cycle inventories and life cycle assessment of photovoltaic systems**. *International Energy Agency (IEA) PVPS Task 12, Report T12-02*, 2011.
- FUCHS, D. A.; LOREK, S. **Sustainable consumption governance: a history of promises and failures**. *Journal of Consumer Policy*, 28 (3): 261 – 288, 2005.
- FURTADO, A.T. **As grandes opções da política energética brasileira: o setor industrial de 80 a 85**. *Revista Brasileira de Energia*, 2, 1990, 77-92, 1990.
- GAGNON, L. **Civilisation and energy payback**. *Energy Policy*, 36, 3317 – 3322, 2008.
- GARCÍA-VALVERDE, R. G.; MIGUEL, C.; BÉJAR, R. M.; URBINA, A. **Life cycle assessment study of a 4.2 kWp stand-alone photovoltaic system**. *Solar Energy*, 83, 1434-1445, 2009.
- GAUTHIER, C. **Measuring Corporate Social and Environmental Performance: The Extended Life-Cycle Assessment**. *Journal Business Ethics*, 59, 199–206, 2005.
- GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- GOLDEMBERG, J. **Renewable energy traditional biomass vs. modern biomass**. *Energy Policy*, 32, 711-714, 2004.
- GOLDEMBERG, J. **The case for renewable energies. Thematic background paper for the International Conference for Renewable Energies, Bonn**. International Energy Agency, *Energy Balances of non-OECD Countries 2000–2001*. OECD/IEA, Paris, 2003.
- GOLDEMBERG, J. **The promise of clean energy**. *Energy Policy*, 34, 2185–2190, 2006.

- GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. **Delivering off-grid electricity systems in the Brazilian Amazon**. *Energy for Sustainable Development*, 16, 155–167, 2012.
- GÓMEZ, M. F.; SILVEIRA, S. **Rural electrification of the Brazilian Amazon – Achievements and lessons**. *Energy Policy*, 16, 155–167, 2010.
- GOMIDE, F.L.S. **Dimensionamento de Sistemas de Reservatórios**. In: **Hidrologia Dinâmica e Operacional e Curso de Engenharia Hidrológica**. São Paulo, Brasil: EPUSP/DAEE/ABRH, 26 – 807, 1983.
- GRI – **GRI boundary protocol**. *Global Reporting Initiative*. Amsterdam, 2005.
- GRIEßHAMMER, R.; BENOÎT, C.; DREYER L. C.; FLYSJÖ, A.; MANHART, A.; MAZIJN, B.; MÉTHOT, A., WEIDEMA, B.P. **Feasibility Study: Integration of social aspects into LCA**. Discussion paper from UNEP-SETAC Task Force Integration of Social Aspects in LCA meetings in Bologna (January 2005), Lille (May 2005) and Brussels (November 2005). Freiburg, Germany, 2006.
- HAUSCHILD, M; JESWIET, J; ALTING, L. **From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives**. *CIRP Annals-manufacturing Technology*, 54(2):1–21, 2005.
- HEISKANEN, E. **Every products cast a shadow: but can we see it, and can we act on it?** *Environmental Science Policy*. 2(1): 61 – 74, 2005.
- HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, E. M. **Energia e meio ambiente**. *Cengage learning*. (4), 2011.
- HIRANO, M.; MASUI, T.; YOSHIDA, M. *et al.* **Hitachi's New Long-term Plan Environmental Vision 2025**. *Hitachi Review* ,57, 153 – 159, 2008.
- HUNKELER, D. **Societal LCA Methodology and Case Study**. *International Journal Life Cycle Assessment*, 11 (6) 371–382, 2006.
- IBGE Cidades@. Região Norte. **Censo demográfico do Estado do Amazonas 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=am>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.
- IBGE Estados@. Região Norte. **Censo demográfico do Estado do Amazonas 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=am>. Acesso em: 25 de setembro de 2015.

- IDHM 2013. **Índice De Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/arquivos/idhm-brasileiro-atlas-2013.pdf>.
- IEA - International Energy Agency. **Key World Energy Statistics OECD/IEA 2015**, 9, rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France, 2015. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/KeyWorld2015.pdf>. Acesso em: 10 janeiro de 2015.
- IEA - International Energy Agency. **Technology roadmap solar photovoltaic energy**. Vision for PV deployment and CO<sub>2</sub> abatement potential. *IEA Publications*, 15, 8 - 14, 2010.
- ILO - International Labour Organization. **Convention C131—Minimum Wage Fixing Convention, 1970**. Disponível em: [http://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?pno:RM LEXPU B:12100:0::NO:12100:P12100\\_ILO\\_CODE:C131](http://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?pno:RM LEXPU B:12100:0::NO:12100:P12100_ILO_CODE:C131). Acesso em: 27 outubro 2015.
- ILO - International Labour Organization. **International Standard Classification of Education (ISCED-97)**. Disponível em: <http://laborsta.ilo.org/applv8/data/isced97e.html>. Acesso em: 27 outubro 2015.
- ILO - International Labour Organization. **Minimum Wage - Fixing Machinery Convention (26)**; International Labour Organization: Geneva, Switzerland, 1928.
- ILO - **International Standard Classification of Education (ISCED-76)**. Disponível em: <http://laborsta.ilo.org/applv8/data/isced76e.html>. Acesso em: 22 outubro 2015.
- INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Chuva Acumulada Mensal X No de Dias com Chuva MANAUS** – Para o Ano: 2014, Nebulosidade e Horas de insolação total diária. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 29 de janeiro de 2015.
- ISHIKAWA, T., NISHIMURA, M. **Technologies in SOX and NOX Removal systems for flue gas from thermal power plants**. *Hitachi Review*, 6, 5 -25, 1990.

- ISO - International Organization for Standardization. ISO 14024: **Environmental labels and declarations—type I environmental labelling—principles and procedures**. International Organization for Standardization, Geneva, 1999.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 14025: **Environmental labels and declarations—type III environmental declarations—principles and procedures**. International Organization for Standardization, Geneva, 2006.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 14040: **Environmental Management – Life Cycle Assessment – principles and framework**. International Organization of Standardization, London, 2006a.
- ISO – International Organization for Standardization. ISO 14040: **Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework**. International Organization for Standardization, Geneva, 1997.
- ISO – International Organization for Standardization. ISO 14040: **Environmental management. Life cycle assessment. Goal and scope definition and inventory analysis**. International Organization for Standardization, Geneva, 1998.
- ISO – International Organization for Standardization. ISO 14042: **Environmental mmanagement - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment**. International Organization for Standardization, Geneva, 2000.
- ISO – International Organization for Standardization. ISO 14043: **Environmental mmanagement - Life cycle assessment - Life cycle interpretation**. International Organization for Standardization, Geneva, 2000.
- ISO - International Organization for Standardization. ISO 14044: **Environmental Management – Life Cycle Assessment – requirements and guidelines**. International Organization of Standardization, Geneva, Switzerland, 2006.
- ISOFOTON – Disponível em: <http://www.netbid.com/img/isofoton/isofoton.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2015.
- ITO M.; KOMOTO, K.; KUROKAWA, K. **Life-cycle analyses of very-large scale PV systems using six types of PV modules**. *Current Applied Physics*, 3, 10 – 271, 2010.

- JAHN, U.; NASSE, W. **Operational performance of grid-connected PV systems on buildings in Germany.** *Progress in Photovoltaics Research and Applications*. 12, (6), p. 441–448, 2004.
- JAMISON, D. T.; SACHS, J. D.; WANG, J. **The effect of AIDS Epidemic on Economic Welfare in Sub-Saharan Africa; Commission on Macroeconomics and Health.** *World Health Organization: New York, US*, 2001.
- JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J. N. P. **Planejamento integrado de recursos energéticos meio ambiente, conservação de energia e fontes renováveis.** Editora autores associados. PROCEL – ELETROBRAS – UNEP, 1997.
- JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G.; ROSENBAUM, R. **IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 8, 324–330, 2003.
- JOLLIET, O.; MIILLER-WENK, R.; BARE, J.; BRENT, A.; GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; ITSUBO, N.; PEFIA, C.; PENNINGTON, D.; POTTING, J.; *et al.* **The LCIA Midpoint-damage Framework of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 9, 394–404, 2004.
- JØRGENSEN, A.; BOCQ, A. Le.; NAZARKINA, L.; HAUSCHILD, M. **Methodologies for Social Life Cycle Assessment.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, 96-103, 2008.
- JØRGENSEN, A.; DREYER, L.; *et al.* **Addressing the effect of social life cycle assessments.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, (6): 828-839, 2012.
- JØRGENSEN, A.; HAUSCHILD, M.; *et al.* **Relevance and feasibility of social life cycle assessment from company perspective.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14, (3), 204 - 214, 2009.
- JØRGENSEN, A.; HERMANN, I.; *et al.* **Is LCC relevant in a sustainability assessment?** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 15, (6): 531-532, 2010.

- JUNGBLUTH, N. **Life cycle assessment of crystalline photovoltaics in the Swissecoinvent database.** *Progress in Photovoltaics Application and Research*. 13, (5), p. 429–446, 2005.
- JUNGBLUTH, N; DONES, R; FRISCHKNECHT, R. **Life cycle assessment of photovoltaics update of the Ecoinvent data base.** In: 14th SETAC LCA Case Studies Symposium. Giteborg, 2007.
- KAISER, R. **Optimized battery-management system to improve storage lifetime in renewable energy systems.** *Journal of Power Sources*, 2, 58 – 65, 2007.
- KALDELLIS, J. K.; ZAFIRAKIS, D.; KONDILI, E. **Energy pay-back period analysis of stand-alone photovoltaic systems.** *Renewable Energy*, 35, p. 1444–1454, 2010.
- KANNAN, R.; LEONG, K. C; OSMAN, R.; HO, H. K.; TSO, C. P. **Life cycle assessment study of solar PV systems: An example of a 2.7 kWp distributed solar PV system in Singapore.** *Solar Energy*, 80, p. 555–563, 2006.
- KATO K.; MURATA A.; SAKUTA K. **Energy pay-back time and life-cycle CO<sub>2</sub> emission of residential PV power system with silicone PV module.** *Progress in Photovoltaics Research and Applications*, 6, 105 – 115, 1998.
- KAYGUSUZ, K. **Energy for sustainable development: A case of developing countries.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1116– 1126, 2012.
- KLÖPFFER, W. **Life cycle sustainability assessment of products.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13, (2), 89 – 95, 2008.
- KLÖPFFER, W. **Life-cycle based methods for sustainable product Development.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8, (3), 157 – 159, 2003.
- KNAPP, K.; JESTER, T. **Empirical investigation of the energy payback time for photovoltaic modules.** *Solar Energy*. 71, (3), p. 165–172, 2001.
- KOHLHEPP. G. **Grandes projetos de barragem no Brasil: problemas ecológicos e socioeconômicos.** *Revista de Estudos Ambientais*, 3, 25 -56, 1999.
- KORONEOS, C.; STYLOS, N.; MOUSSIOPOULOS, N. **LCA of multicrystalline silicone photovoltaic systems.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 11, 129 - 136, (2006<sup>a</sup>).

- KORONEOS, C.; STYLOS, N.; MOUSSIOPOULOS, N. **LCA of multicrystalline silicon photovoltaic systems: application on an island economy.** *International Journal of Life Cycle Assessment*. 11(3):183–188, (2006<sup>b</sup>).
- KRUSE, S.; FLYSJÖ, A.; et al. **Socioeconomic indicators as a complement to life cycle assessment – an applications to salmon production systems.** *International Journal of Life Cycle Assessment*. 14 (1), 8 - 18, 2009.
- LAMPREIA, J.; ARAÚJO, M. M. S. de; CAMPOS, C. P. de; et al. **Analyses and perspectives for Brazilian low carbon technological development in the energy sector.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3432 - 3444, 2011.
- LANNA, A. E. TUCCI, C. E. M. (org.). **Regularização de Vazões em Reservatórios.** In: **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 25 – 703, 1993.
- LEHMANN, A; ZSCHIESCHANG, E.; TRAVERSO, M.; FINKBEINER, M.; SCHEBEK, L. **Social aspects for sustainability assessment of technologies—challenges for social life cycle assessment (SLCA).** *International Journal Life Cycle Assessment*, 18, 1581–1592, 2013.
- LOPES, J. A. M. **Palavras do presidente.** In: Relatório anual da Eletronorte. Brasília-DF, Brasil: *ELETRONORTE*, 2, 5 -35, 1997.
- LORA, E. S.; ANDRADE, R. V. **Biomass as energy source in Brazil.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 777 - 788, 2009.
- MACOMBE, C.; FESCHET, P.; et al. **Reporting the social indicators to the functional unit for food product.** Theoretical contribution regarding the collection of relevant data. 7 th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-Food Sector. Bari, Italy, 2010.
- MACONBE, C.; LESKINEN, P.; FESCHET, P.; ANTIKAINEN, R. **Social life cycle assessment of biodiesel production at three levels: a literature review and development needs.** *Journal Clean Production*. 52, 205 – 216, 2013.
- MAIA, M. L. S.; MOURA, E. A. F. **Industrialização e grandes projetos: desorganização e reorganização do espaço.** *UFPA*, 1, 371 - 410, 1995.
- MANAUS ENERGIA S. A. **Balanco energético de 2000.** Manaus. (4), 2001.

- MANAUS ENERGIA S.A. **Balço energético de 2001**. Manaus. (4), 2002.
- MANAUS ENERGIA S.A. **Manaus energia números 1995 a 2000**. (6), 2001.
- MANHART, A.; GRIEBHAMMER, R. **Social impacts of the production of notebook PCs – Contribution to the development of a Product Sustainability Assessment (PROSA)**. *Öko-Institut e.V.*, Freiburg, Germany, 2006.
- MANIK, J.; LEAHY, J.; HALOG, A. **Social life cycle assessment of palm oil biodiesel: a case study in Jambi Province of Indonesia**. *International Journal Life Cycle Assessment*. 18, 1386 – 1392, 2013.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de metodologia científica**. 6ª ed., São Paulo: Editora Atlas, 2006.
- MARTINEZ, L.; SOARES, S. **Primal and dual stochastic dynamic programming in long term hydrothermal scheduling**. In: *IEEE Power System Conference and Exposition*, (3), 8, 1283 - 1288, 2004.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: metodologia e planejamento**. São Paulo: Atlas, 2014.
- MATTIODA, R. A.; MAZZI, A.; Jr., O.; C.; SCIPIONI, A. **Determining the principal references of the social life cycle assessment of products**. *International Journal Life Cycle Assessment*. (3), 19, 2015.
- MAXWELL, D.; SHEATER, W. **Enabling sustainable development through sustainable consumption and production**. *International Journal of Environment and Sustainable Development*. 5 (3), 221 – 239, 2006.
- MAZIIN, B.; AULISIO, D. **The methodological sheets for sub-categories. In: social life cycle assessment (S-LCA)**. *United National Environment Programme and SETAC*: Paris, France, 2013.
- Mc MAHON, M.; BHAMRA, T. **'Design Beyond Borders': international collaborative projects as a mechanism to integrate social sustainability into student design practice**. *Journal of Cleaner Production*. 23, 86 – 95, 2012.

- MEIJER, A.; HUIJBREGTS, A. J.; SCHERMER, J. J.; REIJNDERS, L. **Life-cycle assessment of photovoltaic modules: comparison of mc-Si, InGaP and InGaP/mc-Si solar modules.** *Progress in Photovoltaics: Research and applications*, 11, 275-287, 2003.
- MESA - MANAUS ENERGIA S.A. **Dados básicos anuais de mercado 1980 a 2004.** Departamento de Mercado, 2004.
- MESA - MANAUS ENERGIA S.A. **Relatório anual de operação Manaus energia de 1998 a 2004.** Divisão de Operação do Sistema – DOS entre 1998 e 1999; Núcleo de Operação e Controle do Sistema – NOCS - 2000, 2001, 2002, 2003 e 2004.
- MESA – MANAUS ENERGIA S.A. **Relatório de administração de 2004<sup>a</sup> e 2004<sup>b</sup>.**
- MESA – MANAUS ENERGIA S.A. **Relatório estatístico de dezembro de 2004<sup>c</sup>,** Diretoria de distribuição, 2004.
- MÉTHOT, A. **FIDD: A green and socially responsible venture capital fund.** *Presentation on the Life Cycle Approaches for Green Investment – 26th LCA Swiss Discussion Forum*, 2005, Lausanne, Switzerland, 2005.
- MIGUEL, P. A. C. **Estudo de caso na Engenharia de Produção: estruturação e recomendações para sua condução.** *Revista Produção*. v.17 n.1 São Paulo. jan./abr. 2007.
- NAWAZ, I.; TIWARI, G.N. **Embodied energy analysis of photovoltaic (PV) system based on macro and micro-level.** *Energy Policy*. 34, 3144-3152, 2006.
- NAZARKINA L.; LE BOCQ, A. **Social aspects of Sustainability assessment: Feasibility of Social Life Cycle Assessment (S-LCA).** EDF 2006, Moret-sur-Loing, France, 2006.
- NEUGEBAUER, S.; TRAVERSO, M.; SCHEUMANN R.; CHANG, Y-J.; WOLF K.; FINKBEINER, M. **Impact Pathways to Address Social Well-Being and Social Justice in SLCA - Fair Wage and Level of Education.** *Sustainability*, ISSN 2071-1050, 2014.
- NOGUEIRA, L.A.H. **As fontes e tecnologias alternativas para geração de energia elétrica no Amazonas.** In: *Perspectivas energéticas para o desenvolvimento sustentável do Amazonas*. Manaus: EDUA - EFEI, 3, 32 - 42, 1997.

- NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. **Revisões da Literatura**. In: Campello, B.S., Cendón, B.V. e Kremer, J.M. Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais. Belo Horizonte: Ed. UFMG, p. 191-198, 2000.
- NORRIS, G.R. **Social Impacts in Product Life Cycles - Towards Life Cycle Attribute Assessment**. *International Journal Life Cycle Assessment*, 11 (1) (Special Issue) 97–104, 2006.
- NREL – National Renewable Energy Laboratory. **How change Parameters. DC Ratings; DC-to-AC Derate Factor**. Disponível em: [http://www.nrel.gov/rredc/pv\\_watts/Changing\\_parameters.html](http://www.nrel.gov/rredc/pv_watts/Changing_parameters.html). Acesso em: 20 de outubro de 2015.
- OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development. **Education Today**; *OECD Publishing*: Paris, France, 2012.
- ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Histórico da Operação**. Rio de Janeiro. <http://www.ons.org.br/historico/>,2009. Acesso em: 13 de outubro de 2015.
- ONS - Operador Nacional do Sistema. **Avaliação de Curto Prazo da Operação**. Rio de Janeiro, Disponível em: <http://www.ons.org.br/operacao/hidrologia.aspx>, 2009. Acesso em: 17 de outubro de 2015.
- PALZ, W.; ZIBETTA, H. **Energy pay-back time of photovoltaic modules**. *International Journal of Solar Energy. Francis & Taylor*, 10, p. 211–216, 1991.
- PARENT, J.; CUCUZZELLA, C.; REVERET, J. P. **Impact assessment in SLCA: sorting the sLCIA methods according to their outcomes**. *International Journal Life Cycle Assessment*, 15(2), 164–171, 2010.
- PARENT, J.; CUCUZZELLA, C.; REVERET, J. P. **Revisiting the role of LCA and SLCA in the transition towards sustainable production and consumption**. *International Journal Life Cycle Assessment*, 18, 1642–1652, 2013.
- PENG, J.; LU, Lin; YANG, H. **Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems**. *Renewable and sustainable energy reviews*,19, 255-274, 2013.
- PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; ABREU, S. L. de; RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos. 1, 31 – 34, 2006.

- PEREIRA, M.V.F. **Optimal stochastic operations scheduling of large hydroelectric system.** *Electrical Power & Energy Systems*, 11, 9 - 161, 1989.
- PEREIRA, M.V.F.; PINTO, L.M.V.G. **Operation planning of large-scale hydroelectrical systems.** In: 8th *Power Systems Computation Conference (PSCC)*. Helsinki, Finland, 1984.
- PINHO, J. T. *et al.* **Sistemas Híbridos: Soluções energéticas para Amazônia.** Ministério de Minas e Energia – MME. Brasília, 171, 283-285, 2008.
- PINTO, H. (org.), ALMEIDA, E. F.; BOMTEMPO, J. V. *et al.* **Economia de Energia: Fundamentos econômicos, evolução histórica e organização industrial.** Elsevier & Campus, Rio de Janeiro, 5, 22 -41, 2007.
- PINTO, P. C; WALTER, A. **The potential contribution of thermo power plants in the Brazilian electric sector.** *Energy*, 36, 3667 - 3674, 2011.
- POPLI, S.; RODGERS, P.; EVELOY, V. **Trigeneration scheme for energy efficiency enhancement in a natural gas processing plant through turbine exhaust gas waste heat utilization.** *Applied Energy*, 93, 624 - 636, 2012.
- QUANTIS, AGECO and CIRAIG. **Environmental and socioeconomic life cycle analysis of milk in Canada.** *Quantis Canada*, Montreal, pp. 35, 2012.
- QUARIEL, F.; AUBERGER, M. M. **La diffusion de la RSE par la relation fournisseurs: Injonctions paradoxales ou partenariat de progrès?** *Revue Internationale PME*. 20(3-4): 69 – 94, 2007.
- REAL, F. J. R.; TOVAR, B.; IOOTTY, M. *et al.* **The evolution and main determinants of productivity in Brazilian electricity distribution 1998–2005: An empirical analysis.** *Energy Economics*, 31, 298-305, 2009.
- REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; SCHMIDT, W. P.; SUH, S.; WEIDEMA, B. P.; PENNINGTON, D. W. **Life cycle assessment: part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications.** *Environmental International*, 30(5): 701–720, 2004.

- REITINGER, C.; DUMKE, M.; BAROSEVICIC, M.; HILLERBRAND, R. **A conceptual framework for impact assessment within SLCA.** *International Journal Life Cycle Assessment*, 16, 380 – 388, 2011.
- REN – Renewable Energy Policy Network 21st Century. **Renewables 2014 global status report.** *Renewable Energy Network*, 4, 47 - 50, 2014.
- ROBINSON, A.; STRANDBERG, C. **Sustainability Purchasing Trends and Drivers.** *Report to the Sustainability Purchasing Network (SPN)*; <http://www.buysmartbc.com/:64>, 2007.
- ROSA, V. H. S. **Comunidades Isoladas e o acesso à energia elétrica, In: Energia elétrica renovável em pequenas comunidades no Brasil: em busca de um modelo sustentável.** Tese de Doutorado, UnB/CDS, 2007.
- SALATI, E.; SHUBART, H.O.R.; JUNK, W. et al. **Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia.** São Paulo: *Brasiliense*, CNPq, 1, 9 - 327, 1983.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço.** EDUSP, São Paulo, Brasil, 13 – 377, 2002.
- SCHAEFER, H.; HAGEDORN, G.; HIDDEN. **Energy and correlated environmental characteristics of PV power generation.** *Renewable Energy*, 2, p. 159-166, 1992.
- SCHMID, A. L.; HOFFMANN, C. A. A. **Replacing diesel by solar in the Amazon: short-term economic feasibility of PV-diesel hybrid systems.** *Energy Policy*, 32, 881-898, 2004.
- SCHMIDT I.; MEURER, M.; SALING, P.; KICHERER, A.; REUTER, W. GENSCH, C. **SEEBalance – Managing Sustainability of Products and Processes with the Socio-Eco-Efficiency Analysis by BASF.** *Greener Management International*, (45) 79–94, 2004.
- SCHMIDTZ, D. **The Elements of Justice.** *Cambridge University Press*: Cambridge, UK, 2006.
- SEPDE - Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Departamento de Estudos, Pesquisas e Informações – DEPI. **Perfil da Região Metropolitana de Manaus, 2014.** Disponível em: [http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/perfil\\_da\\_rmm\\_2011.p](http://www.seplan.am.gov.br/arquivos/download/arqeditor/perfil_da_rmm_2011.p)

df.Gerência de Estudos e Pesquisas, Governo do Estado do Amazonas. Acesso em: 17 de outubro de 2015.

SHARMA, R.; TIWARI, G. N. **Life cycle assessment of stand-alone photovoltaic (SAPV) system under on-field conditions of New Delhi, India.** *Energy Policy*, 63, 272-282, 2013.

SHERWANI, A. F.; USMANI, J. A.; VARUN. **Life cycle assessment of solar PV based electricity generation systems: a review.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 14, p. 540–564, 2010.

SHIGEHICO, M. **Supply and demand of energy in Japan seeking a durable, flexible and efficient system.** *International Society for Educational Information*, 22, 30 - 160, 1986.

SOARES, S.; CARNEIRO, A.A.F.M. **Optimal operation of reservoirs for electric generation.** *IEEE Transactions on Power Delivery*, 6, 7 - 1101, 1991.

SOUZA, R. C. R. **Planejamento do suprimento de energia elétrica em sistemas descentralizados na Amazônia: incorporando incertezas.** Manaus, EDUA, EFEI, 1996.

SOUZA, R. **Linking Quality Management to Manufacturing Strategy: An Empirical Investigation of Customer Focus Practices?** *Journal of Operations Management*, (21), 1, 1-18, 2003.

SOUZA, Z. **Centrais hidrelétricas: dimensionamento de componentes.** São Paulo: Edgard Blücher, 30 – 197, 1992.

SPILEMAECKERS, S.; VANHOUTTE, G.; TAVERNIERS, L.; LAVRYSEN, L.; VAN BRAECKEL, D.; MAZIJN, B.; RIVERA, J.D. **Integrated Product Assessment – The Development of the Label 'Sustainable Development' for Products Ecological, Social and Economical Aspects of Integrated Product Policy.** Belgian Science Policy, Belgium, 2004.

STOPPATO, A. **Life cycle assessment of photovoltaic electricity generation.** *Energy*, 33, 224-232, 2008.

SUMPER, A.; ROBLEDO-GARCÍA, M.; VILLAFÁFILA-ROBLES, R.; BERGAS-JANÉ, J.; ANDRÉS-PEIRÓ, J. **Life-cycle assessment of a photovoltaic system in**

- Catalonia (Spain).** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, p. 3888–3896, 2011.
- SWARR, T. E.; HUNKELER, D.; KLOEPFFER, W.; PESONEN, H-L.; CIROTH, A; BRENT, A. C.; PAGAN, R. **Environmental life cycle costing: a code of practice SETAC publication.** *International Journal Life Cycle Assessment*, 16, 389 – 391, 2011.
- THOMASSEN, M. A; VAN CALKER, K. J. *et al.* **Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands.** *Agricultural Systems*, 96 (1–3): 95–107, 2008b.
- THOMASSEN, M; DALGAARD, R *et al.* **Attributional and consequential LCA of milk production.** *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(4): 339–349, 2008a.
- THOMÉ, J. L. **Um grande Projeto na Amazônia: Hidrelétrica de Balbina um fato consumado.** *Nabaus*: Editora da Universidade do Amazonas, Brasil, 1, 23 – 180, 1999.
- TIBAIJUKA, A. K. **AIDS and Economic Welfare in Peasant Agriculture: Case Studies from Kagabiro Village, Kagera Region, Tanzania.** *World Development*, 25, 963 – 975, 1997.
- TINA, M. G.; GRASSO, A. D. **Remote monitoring system for stand-alone photovoltaic power plants: The case study of a PV-powered outdoor refrigerator.** *Energy Conversion and Management*, 78, 862-871, 2014.
- TRAVERSO, M.; ASDRUBALI, F.; FRANCIÀ, A.; FINKBEINER, M. **Towards life cycle sustainability assessment: an implementation to photovoltaic modules.** *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 1068-1079, 2012.
- TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K. **The role of ecological knowledge in explaining biogeography and biodiversity in Amazonia.** *Biodiversity Conservation*, 1997, 347–358, 1997.
- TURCONI, R.; BOLDRIN, A.; ASTRUP, T. **Life cycle assessment (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 555 – 565, 2013.

UDO DE HAES, AH.; FINNVEDEN, G.; GOEDKOOP, M.; HAUSCHILD, M.; HERTWICH, E.G.; HOFSTETTER, P.; JOLLIET, O.; KLÖPFFER, W.; KREWITT, W.; LINDEIJER, E.; MÜLLER-WENK, R.; OLSEN, SI.; PENNINGTON, DW.; POTTING, J.; STEEN, B. **Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice**. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*, Pensacola FL, USA, 2002.

UN - **Report of the World Summit on Sustainable Development**. Johannesburg, South Africa, 26 August–4 September, United Nations, 2002.

UNDESA and UNEP. **Proposed Input to CSD 18 and 19 on a 10 Year Framework of Programmes on Sustainable Consumption and Production (10YFP ON SCP)**, Marrakech Process Secretariat, 2010.

UNDP - United Nations Development Programme. **Decade of Sustainable Energy for All 2012**. Disponível em: [http://www.undp.org/content/undp/em/home/ourwork/environmentandenergy/focus\\_areas/sustainable-energy/2012-sustainable-energy-for-all.html](http://www.undp.org/content/undp/em/home/ourwork/environmentandenergy/focus_areas/sustainable-energy/2012-sustainable-energy-for-all.html). Acesso em: 19 de fevereiro de 2014.

UNDP - United Nations Development Programme. **Expanding access to modern energy services: replicating, scaling up and mainstreaming at the local level—lessons from community-based energy initiatives**. *UNDP*, 4 - 43, 2006.

UNDP – United Nations Development Programme. **World Energy Assessment - Energy and the Challenge of Sustainability**. Overview: 2004 Update. United Nations Development Programme, New York, ISBN: 92-1-126126-0, 2004.

UNEP – UNEP-SETAC Life Cycle Initiative: **Life Cycle Approaches: From analysis to practice**, 2005.

UNEP - United Nations Development Programme. **Enabling conditions supporting the transition to a global green economy. Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication**, United Nations Environment Programme, 2011.

UNEP - United Nations Development Programme. **Final Report of the Seventh Meeting of the Inter-Sessional Committee of the Forum of Ministers of the**

**Environment of Latin America and the Caribbean** (São Paulo, Brazil, 15–17 May 2002). Report UNEP/LAC-IC.7/6, 2002.

UNEP-SETAC - United Nations Development Programme/Society of Environmental Toxicology and Chemistry. **Guidelines for social life cycle assessment of Social Life Cycle Assessment**. Berlin, 25 May, 2009.

UNEP-SETAC - United Nations Development Programme/Society of Environmental Toxicology and Chemistry. **Towards a life cycle sustainability assessment. Making informed choices on products**. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2011.

UNEP-SETAC - United Nations Development Programme/Society of Environmental Toxicology and Chemistry. **The methodological sheets for subcategories in social life cycle assessment (S-LCA)**. UNEP/SETAC Life Cycle Initiative, 2013.

UNESCO - **International Standard Classification of Education (ISCED) 2011 - Draft**; UNESCO: Paris, France, 2011.

VALDIVIA, S.; UGAYA, C. L.; HILDENBRAND, J.; TRAVERSO, M.; MAZIJN, B.; SONNEMANN, G. **A UNEP/SETAC approach towards a life cycle sustainability assessment – our contribution to Rio +20**. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1673-1685, 2013.

VAN ZELM, R.; HUIJBREGTS, M. A. J.; DEN HOLLANDER, H. A.; VAN JAARSVELD, H. A.; SAUTER, F. J.; STRUIJS, J.; VAN WIJNEN, H. J. **European characterization factors for human health damage of PM 10 and ozone in life cycle impact assessment**. *Atmospheric Environment*, 42, 441 – 453, 2008.

VENTURA, Paulo Cezar Santos. **Por uma Pedagogia de projetos: uma síntese introdutória**. Educação & Tecnologia, CEFET-MG. Belo Horizonte, V.7, N.1 - Jan. a Jun./2002.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 1997.

VOSS, C; TSIKRIKTSIS, N; FROHLICH, M. **Case research in operations management**. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

- WACKER, J. G. **A definition of theory: research guidelines for different theory-building research methods in operations management.** *Journal of Operations Management*, n. 16, p. 361-385, 1998.
- WBCSD – **Eco-efficiency: creating more value with less impact.** *World Business Council for sustainable Development*. 32, 2000.
- WCED – **World Commission on Environment and Development Our Common Future.** Oxford University Press, New York, 1987.
- WEBSTER, J.; WATSON, R. T. **Analysing the past to prepare for the future: writing a literature review.** *MIS Quarterly*, v. 26, n. 2, p. Xiii - xxiii, 2002.
- WEC – World Energy Corporation. **G8 Renewable Energy Taskforce Report 17/7/2001.** Disponível em: <http://www.worldenergy.org/wec-geis/focus/renew/g8.asp>. Acesso em: 19 março de 2014. Acesso em: 12 fevereiro de 2014.
- WEIDEMA, B. P. **ISO 14044 also applies to Social LCA.** *International Journal of Life Cycle Assessment*. 10, (6) 381–381, 2005.
- WEIDEMA, B. P. **The integration of economic and social aspects in life cycle impact assessment.** *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11, 89-96, 2006.
- WENZEL, H.; HAUSCHILD, M.; ALTING, L. **Environmental assessment of products. Vol. 1 – Methodology, tools and case studies in product development.** First edition. Chapman & Hall, United Kingdom, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, 1997.
- WILD-SCHOLTEN, M. J.; **Energy payback times of PV modules and systems.** In: Workshop Photovoltaik-Modultechnik. *Köln*, 26–27, 2009.
- WILLERS, C. D.; RODRIGUES, L. B.; DA SILVA, C. A. **Avaliação do ciclo de vida no Brasil: uma investigação nas principais bases científicas nacionais.** *Produção*, 23 (2), 436 – 447, 2013.
- WILSON R, YOUNG A. **The embodied energy payback period of photovoltaic installations applied to buildings in the UK.** *Building and Environment*, 4, 299 – 305, 1996.

- WOLFGANG, J. J.; MELLO, J. A. S. N. de. **Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira**. Estudos Avançados, Max-Planck-Institut für Limnologie (Alemanha), *Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia* (INPA), 48, 126 – 143, 1987.
- WRISBERG, N; UDO DE HAES, HA et al. (eds). **Analytical tools for environmental design and management in a system perspective**. *The combined use of analytical tools*. Kluwer, Dordrecht, 2002.
- YANG, D.; LIU, J.; YANG, J.; DING, N. **Life-cycle assessment of China's multi-crystalline silicon photovoltaic modules considering international trade**. *Journal of Cleaner Production*. 94, 35 – 45, 2015.
- YIN, R. **Estudo de caso**. Planejamento e métodos. 2ª edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2001.
- YIN, R. K. **Applications of Case Study Research**. 3ª Ed. London: Sage Publication Ltd, 2012.
- ZAMAGNI, A. **Life cycle sustainability assessment**. *International Life Cycle Assessment*. 17, 373 – 376, 2012.
- ZAMAGNI, A.; PESONEN, H.; SWARR, T. **From LCA to Life Cycle Sustainability Assessment: concept, practice and future directions**. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 1637 – 1641, 2013.
- ZHANG, X.; WU, L.; ZHANG, R.; DENG, S.; ZHANG, Y.; WU, J.; LI, Y.; LIN, L.; LI, L.; WANG, Y.; et al. **Evaluating the relationships among economic growth, energy consumption, air emissions and air environmental protection investment in China**. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 18, 259–270, 2013.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Instrumento de Coleta de Dados – 1ª Versão do Formulário de Teste Piloto - da Avaliação Social do Ciclo de Vida (ASCV)

(O seu nome não será revelado) - Manacapuru - Data de aplicação: 20 a 24 / 01 / 2015

#### I. Identificação

Nome: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino Idade: \_\_\_\_\_ anos Quantidade de filhos: \_\_\_\_\_

Grau de escolaridade: \_\_\_\_\_ Profissão: \_\_\_\_\_

Salário: \_\_\_\_\_ Contato: e-mail: \_\_\_\_\_

Whats App: \_\_\_\_\_ Fone: \_\_\_\_\_

Comunidade onde reside: \_\_\_\_\_

Município: \_\_\_\_\_ Estado: Am

Distância da Capital do Estado do Amazonas (pode ser aproximada): \_\_\_\_\_.

#### 1.0) Perfil de consumo da energia elétrica da Comunidade

- ( ) Consumidor residencial doméstico rural com um cômodo  
 ( ) Consumidor residencial doméstico rural com dois cômodos (Quarto Sala)  
 ( ) Consumidor residencial doméstico rural de 03 a 05 cômodos  
 ( ) Consumidor residencial doméstico rural com mais de 06 cômodos  
 ( ) Escola Rural. Discriminar o número de escolas da Comunidade e salas de aulas. Escolas:  
 Salas de aula: \_\_\_\_\_ Nível de ensino: \_\_\_\_\_.  
 ( ) Ambulatório e Posto de Saúde. Discriminar o número de Ambulatórios e Postos de Saúde: \_\_\_\_\_  
 ( ) Centro Comunitário Rural  
 ( ) Centro de Inclusão Digital possui prédio próprio na Comunidade ( ) funciona na escola da Comunidade ( ) funciona no centro comunitário

#### 2.0) O Tipo de uso da Energia Elétrica demandado pela comunidade isolada?

- ( ) Uso residencial doméstico rural com sistema de recepção de canais abertos por antenas parabólicas de 8W, televisor de 14 a 20 polegadas de 60 W, refrigerador e conservador de alimentos 150W em C.A e/ou C.C., aparelhos de som de 60W e 04 lâmpadas fluorescentes compactas de 5W a 15W.  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de 10 kW até 25 kW  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de 25 kW até 35 kW  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de 35 kW a 45 kW  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de 45 kW a 55 kW  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de com consumo superior a 55 kW e inferior a 80 kW.  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de frutas de com consumo superior a 80 kW e inferior a 80 kW.  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de fruta, com estocagem e conservação por congelamento com consumo de 150kW a 500kW. Em caso específico discriminar a potência.  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de fruta, com estocagem e conservação por congelamento com consumo de 500kW a 1.500kW. Em caso específico discriminar a potência.  
 ( ) Agroindustrial pesqueira e de polpa de fruta, com estocagem e conservação por congelamento com consumo de 1.500kW a 5.000 kW. Em caso específico discriminar a potência.

#### 3.0) O sistema de geração atualmente utilizado pelo Programa Luz para Todos da Eletrobras Amazonas Energia S.A, contempla o suprimento de energia elétrica demandado pela Comunidade Isolada?

- ( ) Sim ( ) Não

**4.0) Qual o tipo do sistema de geração da sede do município**

- PCH  Termelétrica à óleo Diesel  Termelétricas à Gas Natural  
 Termelétricas à Óleo Diesel e a Gas Natural  Termelétricas com uso de biomassa  
 Termelétricas por gaseificação integrada  Outros sistemas de geração discriminar o tipo específico

**5.0) Qual o número de habitantes na sede do município?****6.0) Qual o número de habitantes da Comunidade Isolada?****7.0) Qual a principal atividade econômica na sede do município que demanda por energia elétrica?**

- Serrarias  Frigorífico para congelamento e estocagem de pescado  Frigorífico para congelamento e estocagem de polpa de fruta  Fabrica de gelo  Industria de laticínios  
 Oficinas de embarcações regionais de madeira  
 discriminar o tipo específico da atividade econômica que demanda por energia elétrica

**8.0) Qual a principal atividade que demanda energia elétrica nas escolas da Comunidade Isolada?**

- Escola Rural com sala de informática, atendida pelo Programa de inclusão Digital do governo Federal. Discriminar o número de salas destinadas a inclusão digital  
 Discriminar o número de computadores do tipo desktop, monitores de LCD, estabilizadores de tensão, *no-break's*, impressoras multifuncionais por salas de aulas  
 Escola Rural sem sala de informática, não atendida pelo Programa de Inclusão Digital do governo Federal.

**9.0) O suprimento de energia elétrica disponibilizado pela concessionária atende as necessidades da Comunidade Isolada por:**

- 24 Horas em regime contínuo sem interrupções no fornecimento de energia elétrica  
 durante um período de 12 Horas sem interrupções  
 durante um período de 12 Horas com interrupções de 1 a 2 horas. Em caso específico discriminar o tempo de interrupção  
 Sistema Pré-pago de medição *smart grid* pelo Programa Luz para Todos atende a demanda de energia elétrica da Comunidade por 24 horas em regime contínuo. Em caso específico discriminar o tipo e o regime de suprimento de energia elétrica que atenderia as necessidade da comunidade

**10.0) Os sistemas autônomos de geração fotovoltaica (SAGFV) e a medição pré-paga pela aquisição de créditos antecipados suprem as necessidades por energia elétrica demandada pela Comunidade Isolada**

- Atende plenamente todas as necessidades por energia elétrica dos habitantes da Comunidade proporcionando melhorias na qualidade de vida;  
 Atende de forma satisfatória as necessidades por energia elétrica dos habitantes da Comunidade, mas exige melhorias no suprimento de energia elétrica com a repotenciação da miniusina fotovoltaica;  
 Atende de forma mediana as necessidades por energia elétrica dos habitantes da comunidade, pois não possibilita a implementação de uma atividade econômica como a estocagem, conservação e transformação da matéria-prima pesqueira e dos recursos agro silvo florestal proporcionando uma maior agregação de valor aos produtos manufaturados localmente na Comunidade;  
 Atende de forma deficiente e precária as necessidades por energia elétrica dos habitantes da comunidade, pois a falta de recursos financeiros dos moradores da comunidade na aquisição de créditos para a medição pré-paga inviabiliza o suprimento de energia elétrica em regime contínuo, em 24 horas como proposto inicialmente pelo Programa Luz para Todos;  
 Não atende as necessidades energéticas dos habitantes da Comunidade por energia elétrica.

**11.0) Qual a condição principal de não satisfazer o suprimento de energia elétrica para a Comunidade?**

- A falta de recursos financeiros dos habitantes das Comunidades para arcar com o valor da tarifa de energia elétrica cobrado pela concessionária de energia;  
 O alto valor cobrado pela tarifa de energia elétrica pelo sistema autônomo de geração fotovoltaica;  
 A modalidade de tarifa pré-paga cobrada remotamente pelo sistema de telegestão;

( ) A falta de investimentos para o desenvolvimento de uma economia local destinado especificamente para as comunidades isoladas, com a implementação de uma cadeia de suprimento que viabilize a produção de produtos elaborados a partir da matéria-prima local com a agregação de valor aos recursos pesqueiros e agrosilvoflorestais;

( ) Discriminar a condição ou causa específica do suprimento de energia elétrica que não satisfaz as necessidades dos habitantes da comunidade isolada:

**12.0) O sistema convencional de geração e medição de energia elétrica por geradores a óleo diesel e/ou biodiesel produzido por biomassa local seria uma alternativa mais viável do que os sistemas autônomos de geração fotovoltaica.**

( ) Sim ( ) Não Justifique a resposta:

**13.0) Qual a principal necessidade energética na comunidade isolada?**

( ) Iluminação de ambientes residenciais domésticos rurais da comunidade isolada;

( ) Cocção de alimentos com o uso da biomassa local a partir dos resíduos florestais como folhas, galhos e cascas secas disponibilizado pela vegetação local e/ou pela produção agrícola local;

( ) A Iluminação de prédios públicos de pequeno a médio porte constituídos pelas escolas rurais com aulas no período noturno das 18:00 às 22:00 horas;

**14.0) Qual o tipo de energético mais utilizado como combustível para iluminação de residências rurais da comunidade isolada?**

( ) Velas de parafina e pavio; ( ) Lâmpões de querosene; ( ) Lamparinas de álcool;

( ) Lâmpões à gás de cozinha com extensor e adaptador para botijas de 13kg (GLP);

**15.0) Qual o tipo de energético mais utilizado como combustível para a cocção de alimentos nas residências rurais da comunidade isolada?**

( ) Lenha; ( ) Carvão vegetal; ( ) Botija de gás GLP de 05 kg; ( ) Botija de gás GLP de 08 kg

( ) Botija de gás GLP de 13 kg

**16.0) Qual o tipo de alimento que mais demanda por combustível para cocção?**

( ) cocção de peixes; ( ) cocção de frango; ( ) cocção de feijão; ( ) cocção de arroz;

( ) cocção de macarrão; ( ) cocção de tubérculos regionais como a variabilidade de carás (*Dioscorea alata*).

**17.0) Qual o tempo médio de duração da botija de 13 kg do gás de cozinha (GLP)?**

( ) 15 dias; ( ) 20 dias; ( ) 25 dias; ( ) 30 dias; ( ) 35 dias; ( ) 45 dias

**18.0) Qual o sistema de geração de energia elétrica utilizado antes da introdução da rede convencional de energia elétrica, pela Eletrobras Amazonas Energia?**

( ) pequenos grupos geradores a gasolina até 0.50 - 0.95 kVA

( ) pequenos grupos geradores a gasolina de 1.00 - 2.20 kVA

( ) grupo gerador diesel de 5.0 a 8.5 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

( ) grupo gerador diesel de 10 a 25 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

( ) grupo gerador diesel de 25 a 35 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

( ) grupo gerador diesel de 35 a 45 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

**19.0) Qual o consumo mensal de combustível para quatro horas de geração de eletricidade na comunidade isolada e o custo com o combustível e manutenção de peças do grupo gerador a gasolina ou diesel?**

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 50% e com auxílio de 50% da prefeitura local do município;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 20% e com auxílio de 80% da prefeitura local do município;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 30% e com auxílio de 70% da prefeitura local do município;

**20.0) Quais são os principais produtos da hortifruticultura regional que contribuem para geração de renda na comunidade isolada?**

**21.0) Quais são os principais pescados regionais que são comercializados pela comunidade isolada com o excetuando o período de defeso?**

**22.0) É permitido a estocagem de pescado regional em freezers para fins de comercialização, e em que quantidade?** ( ) SIM ( ) NÃO

**23.0) Qual a principal atividade de geração de renda da comunidade isolada?**

( ) Produção de farinha de mandioca;

( ) Produção de hortifruticultura regional como: coco (*Cocos nucifera*), couve (*Brassica oleracea* L.), cebolinha (*Allium schoenoprasum* L.), cheiro-verde (*Coriandrum sativum*), chicória brava (*Eryngium foetidum* L.), pimenta de cheiro (*Capsicum odoriferum*), mamão (*Carica papaya* L.), maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *Flavicarpa*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), melancia (*Citrullus lanatus*), melão (*Cucumis melo*), banana (*Musa paradisiaca* L.), limão (*Citrus limon*), pupunha (*Bactris gasipaes*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), mari-mari e/ou umari (*poraqueiba sericeia* Tul), abacaxi (*Ananas comosus* L.), pimenta murupi (*Capsicum chinese*), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*);

( ) Pesca manejada de lagos e rios, com pescados regionais de valor comercial como: sardinha, pacu, tucunaré, pescada, curimatã, tambaqui em conformidade com a regulamentação ambiental com o período de reprodução de alevinos (defeso);

**24.0) Quais são as melhorias na qualidade de vida proporcionadas pelo acesso à eletricidade na comunidade isolada?**

( ) beneficiou as escolas proporcionando aulas a noite, a exemplo da Educação de Jovens e Adultos;

( ) beneficiou a comunidade com atividades no período noturno após a jornada de trabalho;

( ) reduziu o trabalho doméstico feminino nas residências rurais da comunidade Sobrado pela conservação de alimentos em refrigeradores e freezers;

( ) melhorou o lazer na comunidade de Sobrado pela introdução de eletrodomésticos como computadores e acesso a internet; televisores, aparelhos de som e DVD; jogos eletrônicos e outros;

**25.0) A implementação de uma cadeia produtiva pela construção e instalação de uma unidade funcional de produção de farinha de mandioca, pela expansão da capacidade de geração e distribuição de energia elétrica da comunidade isolada, seria de importância estratégica para viabilizar a sustentabilidade econômica:**

( ) Sim, pela geração de renda durante todo o ano na comunidade de Sobrado, independente da sazonalidade como produtos extrativista como a castanha do Brasil, umari, pupunha, cupuaçu, tucumã;

( ) Não, pela comunidade de Sobrado estar dentro de uma área de proteção permanente Federal e Estadual, não permitindo disponibilizar grandes áreas para cultivo da mandioca;

( ) Sim, pois uma unidade funcional de produção e beneficiamento da mandioca possibilita a obtenção de três produtos de grande comercialização no mercado interno e externo como a goma da mandioca para uso alimentício e industrial, molho de tucupi, farinha para consumo humano e animal;

( ) Sim, pois uma unidade funcional de produção e beneficiamento da mandioca possibilita a produção de ração para criação de pescado regional em tanques rede, como o tambaqui e o matrinxã, proporcionando a comercialização de pescado certificado no período de defeso;

**26.0) A implementação de uma cadeia produtiva pela construção e instalação de uma unidade funcional de produção de óleos vegetais para indústria de cosmético com o beneficiamento do**

oleaginosas regionais como o uxi (*Endopleura uchi (Huber) Cuatrec*), pela expansão da capacidade de geração e distribuição de energia elétrica da comunidade isolada:

( ) Sim, \_\_\_\_\_.

( ) Não, \_\_\_\_\_.

**27.0) Qual a participação na renda mensal por família da comunidade isolada pela produção de hortifruticultura.** (Obs.: Salário Mínimo atualizado em 1º de janeiro de 2015 - R\$: 788,00, conforme *The Federation of International Employers – FedEE Global*)

( ) 01 Salário Mínimo; ( ) 03 Salários Mínimos; ( ) 05 Salários Mínimos; ( ) 08 Salários Mínimos;

**28.0) Qual a participação na renda mensal por família da comunidade isolada pela pesca artesanal.** (Obs.: salário mínimo atualizado em 1º de janeiro de 2015 - R\$: 788,00, conforme *The Federation of International Employers – FedEE Global*)

( ) 1,5 Salário Mínimo; ( ) 03 Salários Mínimos; ( ) 05 Salários Mínimos; ( ) 08 Salários Mínimos;

**29.0) Qual a participação na renda mensal por família da comunidade isolada pela produção da farinha de mandioca.** (Obs.: Salário Mínimo atualizado em 1º de janeiro de 2015 - R\$: 788,00, conforme *The Federation of International Employers – FedEE Global*).

( ) 1,5 Salário Mínimo; ( ) 03 Salários Mínimos; ( ) 05 Salários Mínimos; ( ) 08 Salários Mínimos;

**30.0) Qual a participação na renda mensal da família na comunidade isolada pela aposentadoria de trabalhador rural?** (Obs.: O benefício é pago para as pessoas do sexo masculino a partir de 70 anos e do sexo feminino com 65 anos).

( ) 01 Salário Mínimo; ( ) 03 Salários Mínimos; ( ) 05 Salários Mínimos; ( ) 08 Salários Mínimos.

**31.0) Qual a participação na renda mensal por família da comunidade isolada pelo benefício social do defeso?** (Obs.: Salário Mínimo atualizado em 1º de janeiro de 2015 - R\$: 788,00, conforme *The Federation of International Employers – FedEE Global*)

( ) 01 Salário Mínimo; ( ) 03 Salários Mínimos; ( ) 05 Salários Mínimos; ( ) 08 Salários Mínimos;

**32.0) Qual a modalidade da educação básica era disponibilizado as famílias residentes na comunidade Isolada antes do acesso a eletricidade rural?**

( ) Pré-escola até o 9º Ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno);

**33.0) Qual a modalidade da educação básica disponibilizado na comunidade isolada após a introdução da luz elétrica por LFC para as atividades escolares?**

( ) Pré-escola até o 9º Ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 1º segmento da EJA do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Noturno);

( ) 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno);

**34.0) Quantos alunos estão regularmente matriculados e cursando o 1º e 2º segmento da EJA no período noturno das 18:00 – 22:00?**

( ) 15 Alunos somente das famílias residentes na sede da comunidade isolada

( ) 18 Alunos incluindo as famílias de moradores residentes de outras comunidades;

( ) 20 Alunos incluindo as famílias de moradores residentes em comunidades mais distantes;

**35.0) Quantas pessoas concluem o ensino fundamental completo até o 9º, na sede da comunidade e passam a residir em outros municípios para concluir o ensino médio?**

( ) Apenas 5 alunos pertencente as famílias residentes na sede da comunidade;

( ) Apenas 6 alunos incluindo as famílias de moradores residentes nos municípios com melhores infraestruturas;

( ) Apenas 3 alunos por já residirem nos municípios com melhores infraestruturas.

**36.0) Quantas pessoas concluíram o ensino médio completo até o 3º ano do ensino fundamental, no seu município de origem e vão continuar os estudos com o ingresso no ensino universitário público ou privado nos municípios de Manacapuru e Manaus?**

( ) Apenas 3 alunos pertencente as famílias residentes na sede da Associação;

- Apenas 4 alunos incluindo as famílias de moradores residentes no ramais com estradas;  
 Apenas 5 alunos de famílias residentes próximas aos municípios de Manacapuru e Manaus

**37.0) Quantas pessoas concluíram o ensino superior (nível Universitário), e ainda são moradores da comunidade, que já possui emprego concursado como funcionário público ou está empregado em uma empresa de iniciativa privada?**

- Apenas 1 morador pertencente a sede da comunidade isolada;  
 Apenas 3 moradores incluindo a localidade mais afastada da comunidade;  
 Nenhum dos moradores da comunidade isolada.

**38.0) Quantas pessoas concluíram o ensino superior (nível Universitário), e estão cursando uma pós-graduação no nível de especialização, mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado reconhecidos pela CAPES em outros estados do Brasil ou em outros países?**

- Apenas 1 morador pertencente a sede da comunidade isolada;  
 Apenas 3 moradores incluindo a sede da comunidade e para as demais localidades;  
 Nenhum dos moradores da sede da comunidade e para as demais localidades.

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_, AUTORIZO o uso das informações deste formulário, paginado de 1 a 9, para a PESQUISA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO/UNIMEP –SOB, Linha de pesquisa: Gestão e Estratégias/Meio Ambiente, Energia e Produção Limpa, realizada pelo pesquisador doutorando ANDRÉ JUN MIKI.

Manacapuru (Am), 20 a 24 de janeiro de 2015.

---

Assinatura do Entrevistado

**APÊNDICE B – INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS – 2ª VERSÃO – FORMULÁRIO DA AVALIAÇÃO SOCIAL DO CICLO DE VIDA DA COMUNIDADE ISOLADA DE SOBRADO/AM**

**Pesquisador: André Jun Miki**

**I. Identificação**

Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_

Sexo: ( ) Masculino. ( ) Feminino. Idade: \_\_\_\_\_ anos. Nº/habitantes na residência \_\_\_\_\_

Escolaridade: \_\_\_\_\_ Profissão: \_\_\_\_\_

Posição Social em Sobrado: \_\_\_\_\_

**(1.0)** Qual a principal necessidade energética na comunidade de Sobrado?

- ( ) Iluminação de ambientes residenciais domésticos rurais da comunidade de Sobrado;  
 ( ) Cocção de alimentos com o uso da biomassa local a partir dos resíduos florestais como folhas, galhos e cascas secas disponibilizado pela vegetação local e/ou pela produção agrícola local;  
 ( ) A Iluminação de prédios públicos de pequeno a médio porte constituídos pelas escolas rurais com aulas no período noturno das 18:00 às 22:00 horas;  
 ( ) A Iluminação de prédios públicos de pequeno a médio porte constituídos pelo centro comunitário da comunidade de Sobrado com o uso no período noturno das 18:00 às 22:00 horas;

**(2.0)** Qual o tipo de energético mais utilizado como combustível para iluminação de residências rurais da comunidade de Sobrado?

- ( ) Lamparina diesel; ( ) Lamparina diesel e lanterna a pilha; ( ) Lamparina diesel, Lanterna a pilha e Lamparina a álcool; ( ) Lamparina diesel e vela de parafina; ( ) Vela de parafina; ( ) Lanterna a pilha;  
 ( ) Lanterna recarregável

**(3.0)** Qual o tipo de energético mais utilizado como combustível para a cocção de alimentos nas residências rurais na Comunidade de Sobrado?

- ( ) Lenha; ( ) Resíduo florestal provenientes de áreas manejadas; ( ) Carvão vegetal  
 ( ) Queima direta de resíduo de Biomassa proveniente da produção agrícola como folhas, galhos, casca de árvores, ouriços de castanhas, semente prensadas de oleaginosas.  
 ( ) Botija de gás GLP de 02 kg; ( ) Botija de gás GLP de 05 kg; ( ) Botija de gás GLP de 08 kg  
 ( ) Botija de gás GLP de 13 kg

**(4.0)** Qual o tipo de alimento que mais demanda por combustível para cocção?

- ( ) processo de fervura da água para fins de potabilização; ( ) cocção de carnes; ( ) cocção de peixes; ( ) cocção de frango; ( ) cocção de feijão; ( ) cocção de arroz; ( ) cocção de macarrão;  
 ( ) cocção de tubérculos regionais como a variabilidade de carás (*Dioscorea alata*).

**(5.0)** Qual o tempo médio de duração da botija de 13 kg do gás de cozinha (GLP)?

- ( ) 15 dias ( ) 20 dias ( ) 25 dias  
 ( ) 30 dias ( ) 35 dias ( ) 45 dias

**(6.0)** Qual o sistema de geração de energia elétrica utilizado antes da instalação do sistema autônomo de geração fotovoltaica na comunidade isolada de Sobrado, pela Eletrobras Amazonas Energia?

- ( ) pequenos grupos geradores a gasolina até 0.50 - 0.95 kVA;  
 ( ) pequenos grupos geradores a gasolina de 1.00 - 2.20 kVA;  
 ( ) grupo gerador diesel de 5.0 a 8.5 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola;  
 ( ) grupo gerador diesel de 10 a 25 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.  
 ( ) grupo gerador diesel de 25 a 35 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

( ) grupo gerador diesel de 35 a 45 kVA para quatro horas de geração para prover energia para as sala de aula da escola.

**(7.0)** Qual o consumo mensal de combustível para quatro horas de geração na comunidade de Sobrado e o custo com o combustível e manutenção de peças do grupo gerador a gasolina ou diesel utilizado antes da instalação do sistema autônomo de geração fotovoltaica?

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 50% e com auxílio de 50% da prefeitura local do município;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 20% e com auxílio de 80% da prefeitura local do município;

( ) O gerenciamento do combustível e peças de manutenção do grupo gerador comunitário é realizado pelo rateio coletivo entre os moradores da comunidade na proporção de 30% e com auxílio de 70% da prefeitura local do município;

**(8.0)** Qual a principal atividade de geração de renda da comunidade de Sobrado?

( ) Produção de farinha de mandioca;

( ) Produção de hortifruticultura regional como: Abacaxi (*Ananas comosus L. Merrill*), Abiu (*Pouteria macrophylla*), Açaí (*Euterpe oleracea*), Arroz (*Pyricularia grisea*), banana (*Musa paradisiaca L.*), Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), Cará (*Dioscorea*), castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), coco (*Cocos nucifera*), Cubiú (*Solanum sessiliflorum*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), goiaba (*Psidium guajava*), mamão (*Carica papaya L.*), mandioca e macaxeira (*Manihot esculenta Grantz*), maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. Flavicarpa*), milho (*Zea mays*), jerimum (*Cucurbita spp.*), pupunha (*Bactris gasipaes*), Rambutan (*Nephelium lappaceum L.*), tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), umari (*poraqueiba sericeia Tul*), uxi (*Endopleura uchi (Huber) Cuatrec.*)

( ) Pesca manejada de lagos e rios, com pescados regionais de valor comercial como: sardinha, pacu, tucunaré, pescada, curimatã, tambaqui em conformidade com a regulamentação ambiental com o período de reprodução de alevinos (defeso);

( ) Piscicultura de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques redes;

( ) Piscicultura de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques escavados;

( ) Piscicultura de Matrinchã (*Brycon sp*) em tanques redes;

( ) Piscicultura de matrinxã (*Brycon sp*) em tanques escavados;

**(9.0)** Quais são os principais produtos da hortifruticultura regional que contribuem para geração de renda na comunidade de Sobrado?

**(10.0)** Qual a participação na renda mensal por família da comunidade de Sobrado pela produção de hortifruticultura?

( ) 0,5 Salário Mínimo; ( ) 01 Salários Mínimos; ( ) 1,5 Salários Mínimos; ( ) 02 Salários Mínimos;

**(11.0)** Quais são os principais pescados regionais que são comercializados pela comunidade de Sobrado com o término do período de defeso que contribuem para geração de renda?

**(12.0)** Qual a participação na renda mensal por família da comunidade de Sobrado pela Pesca Artesanal

( ) 0,5 Salário Mínimo; ( ) 01 Salários Mínimos; ( ) 1,5 Salários Mínimos; ( ) 02 Salários Mínimos;

**(13.0)** Qual a participação na renda mensal por família da comunidade de Sobrado pelo benefício social do defeso?

( ) 0,5 Salário Mínimo; ( ) 01 Salários Mínimos; ( ) 1,5 Salários Mínimos; ( ) 02 Salários Mínimos;

**(14.0)** É permitido a estocagem de pescado regional em *freezers* para fins de comercialização, e em que quantidade? ( ) SIM ( ) NÃO

**(15.0)** Qual a participação na renda mensal por família da comunidade de Sobrado pela Produção da Farinha de Mandioca?

( ) 0,5 Salário Mínimo; ( ) 01 Salário Mínimo; ( ) 1,5 Salário Mínimo; ( ) 02 Salários Mínimos;

**(16.0)** Qual a participação na renda mensal da família na comunidade de Sobrado pela aposentadoria de trabalhador rural? (Obs. (a): O benefício é pago para as pessoas do sexo masculino a partir de 70 anos e do sexo feminino com 65 anos)

( ) 0,5 Salário Mínimo; ( ) 01 Salário Mínimo; ( ) 1,5 Salário Mínimo; ( ) 02 Salários Mínimos.

**(17.0)** Parâmetros do Nível de Escolaridade da Comunidade Isolada de Sobrado para a Sede da Associação de Sobrado (**MGDI**), (entrevistados e residentes):

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno)

( ) Madureza ginásial (nº 1 - equivalente a 7ª Série do 1º grau); ( ) 8ª Série do 1º grau;

( ) 4º Ano do Ensino Fundamental – 1º Segmento da EJA (Noturno);

( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 5ª Série do 1º Grau;

( ) 3º Ano do Ensino Fundamental - 1º Segmento da EJA – (Noturno);

( ) 6ª Série do 1º Grau; ( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 4ª Série do 1º grau;

( ) 8º Série do 1º grau; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);

( ) 2º Grau completo (E.M.C: Ensino Médio Completo); ( ) 5ª Série do 1º grau;

( ) Nenhuma escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais); ( ) 2ª. Série do Primário;

( ) 8º Ano do Ensino Fundamental; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);

( ) Cursando ensino universitário em instituição privada; ( ) Cursando ensino universitário em instituição pública.

**(18.0)** Parâmetros do Nível de Escolaridade da Comunidade Isolada de Sobrado para os moradores do (**SIGFI**), (entrevistados e residentes):

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno)

( ) Madureza ginásial (nº 1 - equivalente a 7ª Série do 1º grau); ( ) 8ª Série do 1º grau;

( ) 4º Ano do Ensino Fundamental – 1º Segmento da EJA (Noturno);

( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 5ª Série do 1º Grau;

( ) 3º Ano do Ensino Fundamental - 1º Segmento da EJA – (Noturno); ( ) 6ª Série do 1º Grau;

( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 4ª Série do 1º grau; ( ) 8º Série do 1º grau;

( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);

( ) 2º Grau completo (E.M.C: Ensino Médio Completo); ( ) 5ª Série do 1º grau;

( ) Nenhuma escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais); ( ) 2ª. Série do Primário;

( ) 8º Ano do Ensino Fundamental; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);

( ) Cursando ensino universitário em instituição privada;

( ) Cursando ensino universitário em instituição pública.

**(19.0)** Parâmetros do Nível de Escolaridade da Comunidade Isolada de Sobrado para os moradores (**N.A - Ig. Sobrado**), (entrevistados e residentes):

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);

( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno)

( ) Madureza ginásial (nº 1 - equivalente a 7ª Série do 1º grau);

( ) 8ª Série do 1º grau; ( ) 4º Ano do Ensino Fundamental – 1º Segmento da EJA (Noturno);

( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 5ª Série do 1º Grau;

( ) 3º Ano do Ensino Fundamental - 1º Segmento da EJA – (Noturno); ( ) 6ª Série do 1º Grau;

( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 4ª Série do 1º grau;

( ) 8º Série do 1º grau; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);

- ( ) 2º Grau completo (E.M.C: Ensino Médio Completo); ( ) 5ª Série do 1º grau;
- ( ) Nenhuma escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais); ( ) 2ª. Série do Primário;
- ( ) 8º Ano do Ensino Fundamental; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);
- ( ) Cursando ensino universitário em instituição privada;
- ( ) Cursando ensino universitário em instituição pública.

**(20.0)** Parâmetros do Nível de Escolaridade da Comunidade Isolada de Sobrado para os moradores **(N.A. do Ramal da Terra Preta)**, (entrevistados e residentes):

- ( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);
- ( ) 1º segmento do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);
- ( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (EJA - Noturno);
- ( ) 2º segmento do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno)
- ( ) Madureza ginásial (nº 1 - equivalente a 7ª Série do 1º grau); ( ) 8ª Série do 1º grau;
- ( ) 4º Ano do Ensino Fundamental – 1º Segmento da EJA (Noturno);
- ( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 5ª Série do 1º Grau;
- ( ) 3º Ano do Ensino Fundamental - 1º Segmento da EJA – (Noturno);
- ( ) 6ª Série do 1º Grau; ( ) 1º Ano do Ensino Fundamental; ( ) 4ª Série do 1º grau;
- ( ) 8ª Série do 1º grau; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);
- ( ) 2º Grau completo (E.M.C: Ensino Médio Completo); ( ) 5ª Série do 1º grau;
- ( ) Nenhuma escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais); ( ) 2ª. Série do Primário;
- ( ) 8º Ano do Ensino Fundamental; ( ) Nenhuma Escolaridade (alfabetizado em casa pelo pais);
- ( ) Cursando ensino universitário em instituição privada;
- ( ) Cursando ensino universitário em instituição pública.

**(21.0)** Qual a modalidade da educação básica era disponibilizado as famílias residentes na comunidade Isolada de Sobrado após a instalação do (SAPV) 16,8 kWp, incluindo os moradores do Igarapé de Sobrado – (SIGFI) e do ramal da terra preta por não possui acesso à energia elétrica?

- ( ) Pré-escola até o 9º Ano do ensino fundamental (Diurno):
- ( ) 1º segmento da EJA do 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Noturno);
- ( ) 2º segmento da EJA do 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Noturno);
- ( ) 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);
- ( ) 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno);

**(22.0)** Qual a modalidade da educação básica com maior número de estudantes matriculados e cursando, após a instalação da miniusina (SAPV) de 16,8 kWp com a introdução da luz elétrica por LFC e computador para consulta de pesquisas com acesso à internet como parte integrante das atividades escolares para as famílias residentes na comunidade Isolada de Sobrado considerando a sede da (APASCO), (Igarapé de Sobrado - SIGFI) e ramal da Terra Preta?

- ( ) Pré-escola até o 9º Ano do ensino fundamental (Diurno):
- ( ) 1º e 2º segmento da EJA do 1º ao 9º ano do ensino fundamental (Noturno);
- ( ) 1º ao 5º ano do ensino fundamental (Diurno);
- ( ) 6º ao 9º ano do ensino fundamental (Diurno);

**(23.0)** Quantos alunos estão regularmente matriculados e cursando o 1º e 2º segmento da EJA no período noturno das 18:00 – 22:00, do ensino fundamental do 1º ao 9º, na Sede da Associação de Sobrado (MIGDI), incluindo os moradores do Igarapé de Sobrado (SIGFI) e dos moradores do Ramal da Terra Preta?

- ( ) 15 Alunos somente das famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado(MIGDI);
- ( ) 20 Alunos incluindo as famílias de moradores residentes no Ramal da Terra Preta;
- ( ) 25 Alunos incluindo as famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado, (SIGFI) e os (N.Atd.R.T.P).

**(24.0)** Quantas pessoas concluem o ensino fundamental completo até o 9º, na sede da Associação de Sobrado (MIGDI), no Igarapé de Sobrado (SIGFI) e os moradores do Ramal da Terra Preta e vão para o município de Novo Airão concluir o ensino médio?

- ( ) Apenas 5 alunos pertencente as famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado (MIGDI);
- ( ) Apenas 6 alunos incluindo as famílias de moradores residentes no Ramal da Terra Preta;
- ( ) Apenas 7 alunos incluindo as famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado (MIGDI), (SIGFI) e os (N.Atd.R.T.P).

**(25.0)** Quantas pessoas que concluíram o ensino médio completo até o 3º ano do ensino fundamental, no município de Novo Airão que são moradores da sede da Associação de Sobrado (MIGDI), Igarapé de Sobrado (SIGFI) e dos moradores do Ramal da Terra Preta, vão continuar os estudos com o ingresso no ensino universitário público ou privado nos municípios de Novo Airão, Manacapuru e Manaus?

- ( ) Apenas 3 alunos pertencente as famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado (MIGDI);
- ( ) Apenas 4 alunos incluindo as famílias de moradores residentes no Ramal da Terra Preta;
- ( ) Apenas 5 alunos incluindo as famílias residentes na sede da Assoc. de Sobrado (MIGDI), (SIGFI) e os (N.Atd.R.T.P).

**(26.0)** Quantas pessoas concluíram o ensino superior (nível Universitário), e ainda são moradores da sede da Assoc. de Sobrado (MIGDI), do Igarapé de Sobrado (SIGFI), ou do Ramal da Terra Preta e já possui emprego concursado como funcionário público ou está empregado em uma empresa de iniciativa privada e ainda reside Novo Airão por ter pertinência com a comunidade isolada de Sobrado, destinando parte de seu salário para a manutenção da associação sem fins lucrativos?

- ( ) Apenas 1 morador pertencente a sede da comunidade isolada de Sobrado (MIGDI);
- ( ) Apenas 3 moradores incluindo a localidade do Igarapé de Sobrado (SIGFI) e ao ramal da Terra Preta;
- ( ) Nenhum dos moradores da comunidade isolada de Sobrado (MIGDI), do Igarapé de Sobrado (SIGFI) e ramal da Terra Preta

**(27.0)** Quantas pessoas concluíram o ensino superior (nível Universitário), e estão cursando uma pós-graduação no nível de especialização, mestrado, Doutorado e Pós-Doutorado reconhecidos pela CAPES em outros estados do Brasil ou em outros países?

- ( ) Apenas 1 morador pertencente a sede da comunidade isolada de Sobrado (MIGDI);
- ( ) Apenas 3 moradores incluindo a sede da comunidade Sobrado (MIGDI), Igarapé de Sobrado (SIGFI) e ao ramal da Terra Preta;
- ( ) Nenhum dos moradores da sede da comunidade de Sobrado (MIGDI), do Igarapé de Sobrado (SIGFI) e do ramal da Terra Preta.

**(28.0)** Quais são as melhorias na qualidade de vida proporcionadas pelo fornecimento de energia elétrica na comunidade de Sobrado por meio da instalação do sistema autônomo de geração fotovoltaica (*Stand Alone Photovoltaic - SAPV systems*)?

- ( ) beneficiou as escolas proporcionando aulas a noite, a exemplo da Educação de Jovens e Adultos;
- ( ) beneficiou a comunidade com atividades no período noturno após a jornada de trabalho;
- ( ) reduziu o trabalho doméstico feminino nas residências rurais da comunidade Sobrado pela conservação de alimentos em refrigeradores e freezers;
- ( ) melhorou o lazer na comunidade de Sobrado pela introdução de eletrodomésticos como computadores e acesso a internet; televisores, aparelhos de som e DVD; jogos eletrônicos e outros;
- ( ) beneficiou a produção de farinha pela introdução de cevadores elétricos de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*);

( ) Não foi possível introduzir cevadores elétricos de mandioca pois necessitaria de repotenciação do (SAPV) e rede elétrica específica para a unidade funcional de produção da farinha;

( ) Proporcionou a conservação e a estocagem de alimentos perecíveis como o pescado além do período do defeso e polpas de frutas possibilitando a comercialização de alimentos regionais;

( ) Não proporcionou a conservação e a estocagem de alimentos perecíveis como o pescado além do período do defeso e polpas de frutas para a comercialização de alimentos regionais, pelos longos períodos de ausência no fornecimento de energia elétrica ocasionado pela pane do sistema (SAPV);

**(29.0)** A implementação de uma cadeia produtiva pela construção e instalação de uma unidade funcional de produção de farinha de mandioca, pela expansão da capacidade de geração e distribuição

de energia elétrica do (SAPV), seria de importância estratégica para viabilizar a sustentabilidade econômica da comunidade de Sobrado:

( ) Sim, pela geração de renda durante todo o ano na comunidade de Sobrado, independente da sazonalidade como produtos extrativista como a castanha do Brasil, umari, pupunha, cupuaçu, tucumã;

( ) Não, pela comunidade de Sobrado estar dentro de uma área de proteção permanente Federal e Estadual, não permitindo disponibilizar grandes áreas para cultivo da mandioca;

( ) Sim, pois uma unidade funcional de produção e beneficiamento da mandioca possibilita a obtenção de três produtos de grande comercialização no mercado interno e externo como a goma da mandioca para uso alimentício e industrial, molho de tucupi, farinha para consumo humano e animal;

( ) Sim, pois uma unidade funcional de produção e beneficiamento da mandioca possibilita a produção de ração para criação de pescado regional em tanques rede, como o tambaqui e o matrinxã, proporcionando a comercialização de pescado certificado no período de defeso;

**(30.0)** A implementação de uma cadeia produtiva pela construção e instalação de uma unidade funcional de produção de óleos vegetais para indústria de cosmético com o beneficiamento do óleo de umari (*poraqueiba sericeia Tul*), uxi (*Endopleura uchi (Huber) Cuatrec*), pela expansão da capacidade de geração e distribuição de energia elétrica do SAPV, seria de importância estratégica para viabilizar a sustentabilidade econômica da comunidade de Sobrado:

( ) Sim

( ) Não

**(OBS.:** 30 Questões – conforme as diretrizes das fichas metodológicas UNEP/SETAC 2009; 2011)

#### TERMO DE AUTORIZAÇÃO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_, AUTORIZO o uso das informações deste formulário, paginado de 1 a 11, para a PESQUISA DE DOUTORADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO/UNIMEP –SOB, Linha de pesquisa: Gestão e Estratégias/Meio Ambiente, Energia e Produção Limpa, realizada pelo pesquisador doutorando ANDRÉ JUN MIKI.

Sobrado (Am), 09 a 13 de março de 2015.

---

Assinatura do Entrevistado

## ANEXOS



*Figura 77: Unidade conversora na sede da (APASCO)  
Autor: Miki, 2015*



*Figura 78: Módulos FV's na sede da (APASCO)  
Autor: Miki, 2015*