

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANA CAROLINE SILVEIRA DA PENHA

PROJETO DE GERAÇÃO ELÉTRICA RENOVÁVEL PARA ATENDIMENTO
ENERGÉTICO DA COMUNIDADE DE MARAUÁ NA RESERVA EXTRATIVISTA
DE JUTAÍ.

Manaus

2019

ANA CAROLINE SILVEIRA DA PENHA

**PROJETO DE GERAÇÃO ELÉTRICA RENOVÁVEL PARA ATENDIMENTO
ENERGÉTICO DA COMUNIDADE DE MARAUÁ NA RESERVA EXTRATIVISTA
DE JUTAÍ.**

Projeto de Pesquisa desenvolvido durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas.

Orientador: Cláudio Gonçalves.

Manaus

2019

Universidade do Estado do Amazonas – UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

Reitor:

Cleinaldo de Almeida Costa

Vice-Reitor:

Cleto Cavalcante de Souza Leal

Diretora da Escola Superior de Tecnologia:

Ingrid Sammyne Gadelha Figueiredo

Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica:

Walfredo Da Costa Lucena Filho

Banca Avaliadora composta por:

Prof. Cláudio Gonçalves (Orientador)

Prof. Pierre Macedo

Prof. Israel Gondres Torne

Data da defesa: 11/12/2019.

CIP – Catalogação na Publicação

Penha, Ana Caroline da

Projeto de Geração Elétrica renovável para atendimento energético da comunidade de Marauá na Reserva Extrativista de Jutai / Ana Caroline Silveira da Penha; [orientado por] Cláudio Gonçalves. – Manaus: 2019.

68 p.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica). Universidade do Estado do Amazonas, 2019.

1. Smart Grids. 2. Energia Sustentável. 3. Eficiência Energética. I. Gonçalves, Cláudio.

ANA CAROLINE SILVEIRA DA PENHA

PROJETO DE GERAÇÃO ELÉTRICA RENOVÁVEL PARA ATENDIMENTO
ENERGÉTICO DA COMUNIDADE DE MARAUÁ NA RESERVA EXTRATIVISTA DE
JUTAÍ.

Pesquisa desenvolvida durante a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II e apresentada à banca avaliadora do Curso de Engenharia Elétrica da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como pré-requisito para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Nota obtida: _____ (_____)

Aprovada em ____/____/____.

Área de concentração: Eficiência Energética

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Cláudio Gonçalves.

Avaliador: Pierre Macedo.

Avaliador: Israel Gondres Torne.

Manaus
2019

Dedicatória

Aos meus pais, Ana Vera e Edmar, que, com muito amor, carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até aqui e por serem a motivação, esperança e força para todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me abençoado dia após dia durante toda minha trajetória na graduação até o momento.

Agradeço a meus pais, Vera e Edmar, por todo apoio, confiança e todo conselho dado até aqui. Tudo que foi e será conquistado é dedicado a eles.

Agradeço ao meu professor e orientador Cláudio Gonçalves, por toda a sua ajuda durante a minha etapa de desenvolvimento do trabalho, pela inspiração desde as aulas da graduação até a realização desse trabalho.

Agradeço ao meu chefe e grande amigo de trabalho, Jamil Chaar, pela compreensão durante esse período, o qual me disponibilizou tempo para desenvolver o trabalho, pelos ensinamentos concedidos no decorrer dos dias, pela confiança no trabalho, desde o primeiro momento no início do estágio até a contratação; agradeço imensamente a oportunidade de poder aplicar os conhecimentos adquiridos na graduação.

Agradeço também agradeço aos meus amigos e colegas que me acompanharam durante todo este período de graduação, e que de uma forma ou outra, sempre contribuíram para que eu chegasse até aqui.

RESUMO

Este trabalho propõe apresentar um projeto para geração de energia elétrica renovável em uma comunidade isolada no interior do Amazonas, com fontes renováveis supridas por energias primárias conforme as particularidades da região, aliadas a um sistema rede elétrica inteligente, formando uma *microgrid*. Com uma *microgrid* inteligente é possível comandar e integrar as ações de todos agentes conectados a ela, como fontes e consumidores. A diversidade de fontes de geração de energia elétrica constitui um sistema híbrido de geração, o qual pode ser uma alternativa de geração distribuída de energia sustentável. Assim, pode-se estabelecer uma Micro *Smart Grid* representando uma forma mais eficiente, segura e gerenciável para a conexão de grande número de geradores de pequeno e médio porte aos sistemas elétricos isolados ou não. As fontes geradoras distribuídas e respectivos grupos de cargas são vistos como um subsistema elétrico independente, que opera conectado ao sistema de uma concessionária, com um fluxo de potências bidirecional entre os mesmos, a exemplo de consumidores que podem ter sua própria fonte e, assim, injetar ou consumir ou receber energia elétrica da rede. Considerando as fontes renováveis encontradas na região sob estudo, que são: Energia Fotovoltaica como fonte prioritária, e Biomassa como fonte de energia auxiliar, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um projeto híbrido inteligente composto de fontes renováveis, sistema de baterias e um grupo-gerador a diesel como fonte de *backup*.

Palavras-chave: Automatização; Eficiência energética; Energia sustentável; Microgrid; SmartGrid.

ABSTRACT

This paper proposes to present a project for the generation of renewable electric energy in an isolated community in the interior of the Amazon, with renewable sources supplied by primary energies according to the particularities of the region, allied to an intelligent grid system, forming a microgrid. With an intelligent microgrid it is possible to command and integrate the actions of all agents connected to it, such as sources and consumers. The diversity of power generation sources constitutes a hybrid generation system, which may be an alternative of sustainable distributed power generation. Thus, a Micro Smart Grid can be established as a more efficient, safe and manageable way to connect large numbers of small and medium sized generators to isolated or uninsulated electrical systems. Distributed generating sources and their load groups are viewed as an independent electrical subsystem, which operates connected to a utility's system, with a bidirectional power flow between them, such as consumers who may have their own source and thus inject or consume or receive electricity from the grid. Considering the renewable sources found in the region under study, which are: Photovoltaic Energy as a priority source, and Biomass as an auxiliary energy source, this paper presents the development of an intelligent hybrid project composed of renewable sources, battery system and a generator set. diesel as a backup source.

Keywords: Automation; Energy efficiency; Sustainable energy; Microgrid; SmartGrid.

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

AC – Tensão/Corrente Alternada

ANEEL – Agência Nacional de Engenharia Elétrica

ANGD-FV - Atendimento de Nova Geração Distribuída e de Fonte Fotovoltaica

ANGD-MR – Atendimento de Nova Geração Distribuída e Rede

CCC - Conta de Consumo de Combustíveis

DC – Tensão/Corrente Contínua

GFV – Gerador Fotovoltaico

HSP – Horas de Sol Pleno

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

LPZ – Luz para todos

MSG – Micro Smart Grid (*Microgrids*)

MIGDI - Microssistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica

RA – Região Amazônica

RESEX – Reservatório Extrativista de Jutai

SFD - Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares

SG – *SmartGrid*

SIGFI - Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente.

SMA – Sistemas Multiagentes

SIN – Sistema Interligado Nacional

LISTA DETABELAS

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens das fontes de Energias Renováveis na Região.	17
Tabela 2 - Usinas termoelétricas à biomassa em funcionamento na Amazônia.....	20
Tabela 3 - Características dos sistemas com geração distribuída e minirrede.....	24
Tabela 4 - Configuração das Minirredes de Baixa Tensão.....	25
Tabela 5: Tabela de carga de cada UC presente na comunidade.....	34
Tabela 6: Disponibilidade mensal de energia elétrica por UC.	37
Tabela 7: Caracterização Energética das Espécies em Marauá.	40
Tabela 8: Características dos sistemas com geração distribuída e minirrede.....	44
Tabela 9: Consumo total na Comunidade Marauá.	49
Tabela 10: Características principais da rede de distribuição.....	49
Tabela 11: Características do Cabo Quadruplex Alumínio XLPE 0,6/1kV.	50
Tabela 12: Parâmetros para simulação do fluxo de carga.	51
Tabela 13: Resumo do Sistema Fotovoltaico.	52
Tabela 14: Dados do gerador de 44kVA da EMIT.....	54
Tabela 15: Estimativa de custos para o gerador fotovoltaico.....	56
Tabela 16: Estimativa de custos para o gerador biomassa.	57
Tabela 17: Estimativa de custos para o gerador a diesel.	57
Tabela 18: Estimativa de custo para implementação da minirrede.	57
Tabela 19: Estimativa de custo total para a geração de energia com fontes renováveis.	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Recursos aproveitados para geração de energia denominada biomassa.	18
Figura 2: Modelo de Sistema Fotovoltaico Off-Grid.	20
Figura 3: Reserva Extrativista de Jutai.	22
Figura 4: Abastecimento de Energia na Reserva Extrativista de Jutai.	23
Figura 5: Comunidade de Marauá.	23
Figura 6: Fontes de Energias utilizadas nas Comunidades.	24
Figura 7: Diagrama de um sistema fotovoltaico domiciliar.	26
Figura 8: Sistema FV, com atendimento em CC e CA.	27
Figura 9: Extração e Destinação dos óleos vegetais (Comunidades x Litros de óleo vegetal).	28
Figura 10: Fatores Motivadores da Introdução de SmartGrids e Microredes.	32
Figura 11: Rede Microgrid.	32
Figura 12: Sistema de geração de eletricidade por gaseificação de biomassa.	42
Figura 13: Localização da Comunidade Marauá.	44
Figura 14: Distribuição das UC's na comunidade Marauá.	45
Figura 15: Esquemático do processo de Geração de Energia de uma Microgrid.	46
Figura 16: Diagrama dos objetivos do SMA para geração de energia na MSG.	47
Figura 17: Diagrama de barras da rede de distribuição da comunidade Marauá.	50
Figura 18: Fluxo de Carga par a Rede de 47 barras.	52

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 REFERENCIAL TEÓRICO	16
1.1 ANÁLISE DO PERFIL ENERGÉTICO DA REGIÃO AMAZÔNICA.....	16
1.1.1 Uso da biomassa como fonte de energia renovável.....	18
1.1.2 Uso da energia fotovoltaica como fonte de energia renovável	20
1.2 FONTES PROMISSORAS NA COMUNIDADE DE MARAUÁ.	21
1.2.1 Características da Reserva Extrativista de Jutai - RESEX.....	22
1.2.2 Comunidade Isolada de Marauá – Adaptação de um Sistema ANGD-MR	23
1.3 ASPECTOS REGULATÓRIOS DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO	29
1.3.1 Lei N° 12.111, de 09 de dezembro de 2009	29
1.3.2 Resolução Normativa N°482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012	29
1.3.3 Manual do LPT para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, de 13 de novembro de 2015	30
1.4 ADEQUAÇÃO DE UMA GERAÇÃO <i>SMARTGRID</i> PARA <i>MICROGRID</i>	31
2 METODOLOGIA	33
2.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA NA COMUNIDADE MARAUÁ.....	34
2.2 ANÁLISE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.	35
2.2.1 Dimensionamento GFV.....	36
2.2.2 Dimensionamento do sistema de armazenamento	37
2.2.3 Dimensionamento do controlador de carga.....	38
2.2.4 Dimensionamento do inversor	39
2.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE BIOMASSA	39
2.3.1 Dimensionamento de um gerador a biomassa.....	40
2.4 ANÁLISE DO GERADOR A DIESEL	43
2.5 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS A REDE ELÉTRICA	43
2.6 ANÁLISE DA MICROGRID	46
2.6.1 Bloco biodigestor e bloco fotovoltaico	46
2.6.2 Bloco conversor e distribuidor	46
2.6.3 Controlador.....	47
2.6.4 Banco de Baterias.....	48
2.6.5 Consumidor	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	49

3.1 ANÁLISE E LEVANTAMENTO DE CARGA DA COMUNIDADE MARAUÁ	49
3.2 DISTRIBUIÇÃO DOS POSTES E UC'S NA COMUNIDADE MARAUÁ	49
3.3 ANÁLISE DO GERADOR FOTOVOLTAICO	52
3.4 ANÁLISE DO GERADOR BIOMASSA.	53
3.5 ANÁLISE DO GERADOR A DIESEL.	54
3.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DAS FONTES RENOVÁVEIS.	54
3.6.1 Viabilidade Econômica da Energia Solar Fotovoltaica.....	55
3.6.2 Viabilidade Econômica da Energia gerada por Biomassa.....	55
3.7 ANÁLISE DE CUSTOS PARA GERAÇÃO	56
3.7.1 Análise de custo para um gerador fotovoltaico.....	56
3.7.2 Análise de custo para um gerador biomassa.....	56
3.7.3 Análise de custo para um gerador a diesel	57
3.7.4 Análise de custo para a implementação da rede de distribuição	57
CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	64

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda populacional traz consigo uma melhoria na qualidade de vida e no setor econômico notáveis, com isso o consumo de energia elétrica tende a crescer mais. Porém, este crescimento gera preocupações devido aos recursos utilizados para sua geração, impactos ambientais e custos altíssimos com sua geração. Por este motivo, surge a necessidade da utilização de métodos para aperfeiçoar o seu consumo e distribuição.

Uma das principais maneiras para conter os efeitos radicais do grande consumo é o estímulo à eficiência energética. Surgindo assim as *SmartGrids* (SG) e *Microgrids* (MSG), que são redes inteligentes capazes de integrar partes do sistema de rede elétrica em um arranjo, de forma única, para que haja monitoramento constante em cada etapa do processo de geração, transmissão e consumo de energia elétrica.

O uso das fontes de energias renováveis buscará aumentar a demanda de energia, de maneira sustentável, frisando o cuidado com a preservação do meio ambiente, complementando assim a e reduzindo os custos da geração hídrica (SILVA, 2011). Ao integrar tais fontes de geração temos então um sistema híbrido, visando assim a geração sustentável provinda das fontes renováveis.

Nota-se que nas grandes cidades a criação de redes de distribuição elétrica eficientes, mas o desenvolvimento nas comunidades rurais é limitado quando as mesmas apresentam deficiências no fornecimento estável de energia elétrica.

A Amazônia é de grande importância estratégica e ambiental para o país. A baixa densidade demográfica e a diversidade do povoamento da área rural da Amazônia dificultam e encarecem o acesso à energia, tornando uma situação precária. Em decorrência, a maioria dos vilarejos e das moradias isoladas não recebe fornecimento regular de energia elétrica, o que torna inacessível o conforto do mundo moderno e o beneficiamento da produção (BARRETO, 2008). Atualmente, o modelo de fornecimento de energia presente nas comunidades isoladas é com base na utilização de usinas que utilizam como combustível o diesel, possuindo um preço elevado, sendo obstáculo para o transporte de pessoas e de mercadorias.

Nas localidades onde não existe oferta de energia elétrica são registrados também os menores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), sendo fácil identificar que esta deficiência é o principal entrave ao desenvolvimento e ao bem-estar social (DI LASCIO, 2009). A garantia de uma geração energia de forma sustentável, utilizando energias renováveis, existentes nessa região, gera uma fonte de emprego e de inovação com qualidade, além de permitir uma série de serviços sociais e profissionais para o negócio e o desenvolvimento social

das comunidades. Grande parte das comunidades existentes possuem sistemas elétricos isolados, caracterizando-as como comunidades isoladas, constituídos de usinas termelétricas a óleo diesel, porém a garantia de um controle eficiente de gerenciamento de demanda-geração, afetações por falhas e ataques de intrusos é um problema relativamente mais grave do que nas redes interligadas.

A matriz energética predominante na região amazônica é a hidrelétrica e termoelétrica. Esse método utilizado para produção de energia elétrica é o principal na atual matriz energética brasileira. Para o atual mercado de energia presente na Região Amazônica, temos que várias pesquisas foram realizadas buscando alternativas para uma geração de energia mais sustentável (SOUZA, 2003).

A Amazônia aparece como um local privilegiado pela sua localização, onde a insolação é intensa e a produção de biomassa é elevada, possuindo pela sua região, comunidades isoladas que apresentam uma grande produção de recursos utilizáveis para a geração de energia limpa, tais como espécies oleaginosas (óleos vegetais, andiroba, entre outros), resíduos de biomassa sólidos, alto potencial fotovoltaico e elevada produção de lixo.

Neste contexto, a utilização de sistemas inteligentes se mostra como uma alternativa que possibilita o desenvolvimento sustentável, seguro e gerenciável, visando também a durabilidade do desenvolvimento da Região. Entretanto, por se tratar de uma área ecologicamente sensível, toda a tecnologia adotada tem de ser limpa, e nem sempre uma energia renovável é ambientalmente aceitável (MACEDO, 2006). Cabe a isso uma análise do local, considerando os fatores ecologicamente importantes e as energias limpas aplicáveis em concordância com estes fatores.

Contudo, o objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de geração elétrica renovável energias renováveis aplicadas as particularidades da comunidade Marauá, na reserva extrativista de Jutai, através do desenvolvimento esquemático em diagrama de blocos, especificamente no sistema de geração.

Considerando as energias renováveis encontradas na região que são: Energia Fotovoltaica e Biomassa, foi desenvolvido um sistema híbrido, modelo que integra as fontes de energias renováveis com a rede de distribuição, em prioridade a fonte de energia fotovoltaica, maior fonte presente no local, sistema de baterias, carga e o controlador, simulado no ambiente *Matlab*.

O desenvolvimento do projeto mostra que é possível criar um projeto para a melhoria da geração e distribuição de energia nas comunidades isoladas da Região Amazônica, avaliando

a adaptabilidade das *Microgrids* as diferentes condições de iluminação solar, vento, água, biomassa, e outras fontes renováveis, bem como as diferentes características do ambiente social e geográfico, utilizando a integração de tecnologia através de estratégias inteligentes.

A união das fontes renováveis em um sistema híbrido traz a solução para os problemas providos da utilização do diesel em geradores, de forma única, sustentável, segura e gerenciável.

Para um melhor entendimento, este trabalho foi dividido em 4 capítulos:

Capítulo 1 – Referencial Teórico: Tem a finalidade de analisar as fontes de energia presentes na região, analisando a melhor forma de aproveitamento, juntamente com apresentação da comunidade isolada, e descrever os conceitos fundamentais das fontes energéticas utilizadas no projeto

Capítulo 2 – Metodologia de desenvolvimento: Tem a finalidade de descrever quais foram os passos necessários para ser dado o início deste projeto e embasar o leitor dos métodos que foram utilizados para se obter os resultados.

Capítulo 3 – Resultados e Discussões: Tem a finalidade de descrever detalhadamente o desenvolvimento do gerador fotovoltaico e da rede de distribuição local, sendo a energia solar o gerador prioritário; junto com a análise do gerador biomassa e do gerador a diesel, visto que será um sistema híbrido, descrevendo os resultados obtidos decorrentes dos cálculos e testes realizados em simulações no *Matlab*, para a criação da rede de distribuição e sistema fotovoltaico, gerando subsídios para a conclusão que é apresentada no final deste trabalho.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção será feita uma revisão dos assuntos relacionados ao tema apresentado, visando um melhor entendimento do trabalho em questão. O mesmo será estruturado da seguinte maneira:

- a) análise do perfil energético da Região Amazônica;
- b) fontes promissoras na comunidade Marauá;
- c) aspectos regulatórios da viabilidade da instalação de sistemas de microgeração;
- d) adequação de uma geração *smartgrid* para microgrid;

Com o objetivo de apresentar um projeto de geração elétrica renovável, visando um sistema híbrido, dotado de fontes de energia em conjunto com o sistema de fornecimento atual (a diesel), foi estudado o perfil energético da região, analisando as fontes promissoras para a geração, para que os leitores tenham uma melhor compreensão do motivo pelo qual estão sendo utilizadas a energia solar e biomassa dentre as várias energias renováveis presentes hoje em dia.

Nos próximos capítulos serão apresentadas as características das fontes escolhidas para a comunidade Marauá e os aspectos regulatórios para a viabilidade de um projeto de microgeração, bem como a adequação de uma *smartgrid* para a microgrid (rede inteligente).

1.1 ANÁLISE DO PERFIL ENERGÉTICO DA REGIÃO AMAZÔNICA

A Amazônia é classificada como um local privilegiado, com intensa insolação e grande produção de biomassa. Porém, também é classificada como uma área ecologicamente sensível, onde há necessidade de toda a tecnologia adotada ser limpa, e nem sempre uma energia renovável é totalmente aceitável.

Visto como uma maneira de acrescentar a geração existente (óleo diesel e gás natural), as tecnologias alternativas que podem ser usadas dependem do potencial local, disponibilidade econômica e do mercado de consumidores. Porém, com base nesses quesitos, as pesquisas/projetos relacionadas a melhoras de geração de energia nessa área torna-se restrita. Poucos trabalhos focam realmente nas tecnologias a serem exploradas na região além da geração fotovoltaica.

Por toda a Região o potencial fotovoltaico disponível é alto, mas o custo elevado dessa tecnologia limita a dimensão da potência instalada, que na prática a inviabiliza para ser usada no beneficiamento da produção, limitando seu uso para as moradias isoladas e pequenas aplicações comunitárias como televisão e conservação de vacinas. Também existe o risco elevado de poluição por causa do uso de baterias com chumbo e ácido, que são utilizadas para

suprir a demanda noturna, ou quando a radiação solar é insuficiente. O atendimento de todas as cargas em corrente contínua tem sido demonstrado como o esquema mais robusto e de menor custo para a Região (MACEDO, 2006). O sistema misto com a iluminação em corrente contínua e o restante dos aparelhos em corrente alternada foi adotado com sucesso pelo Acre (SOUZA, 2014).

A biomassa é a fonte de energia que se destaca na Amazônia pois o meio ambiente oferece condições adequadas para uma alta capacidade de reprodução, tanto na floresta natural, como nas plantações sistemáticas, porém merece atenção em alguns processos: a substituição da floresta original por culturas temporárias invariavelmente gera menor retorno econômico devido as despesas com mão de obra e insumos agrícolas.

Entretanto, o uso consciente dessas técnicas, em pequena escala, como requer a demanda das áreas rurais, não garante vários requisitos necessários ao atendimento comercial de energia elétrica, entre os quais estão incluídos: confiabilidade, durabilidade, segurança e eficiência econômica dos sistemas isolados. Como na Região a biomassa é abundante, não existe demanda para aproveitar esses resíduos na alimentação de animais (BARRETO, 2008). A opção natural indica sua utilização em sistemas de cogeração, que evitam a compra e o transporte do óleo diesel para produzir eletricidade, e aumentam a rentabilidade econômica da própria mini-indústria de beneficiamento.

A Tabela 1 mostra, em termos qualitativos, as vantagens e desvantagens das diferentes fontes energéticas disponíveis para o uso na Amazônia (CARTAXO, 2002).

Tabela 1 - Vantagens e Desvantagens das fontes de Energias Renováveis na Região.

Fonte Energética	Distribuição Territorial	Relação com o meio ambiente	Resultado Econômico
Biomassa	Grande	Excelente	Favorável
Biogás	Grande	Excelente	Favorável
Solar	Grande	Excelente	Favorável
Hidráulico	Média	Médio	Variável
Gás Natural	Pequena	Prejudicial	Prejudicial
Óleo	Média	Prejudicial	Prejudicial

Fonte: (CARTAXO, 2002).

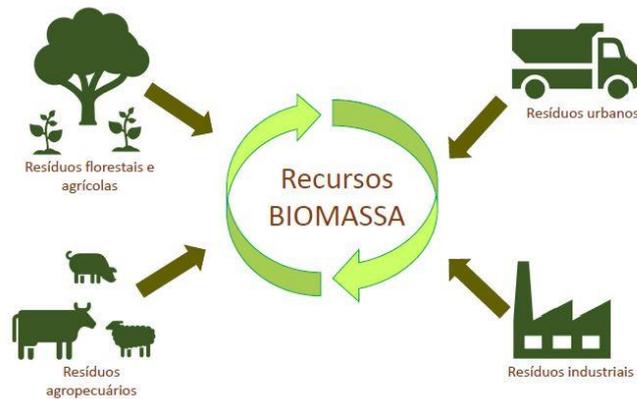
Os sistemas híbridos, geralmente comportam uma geração diesel para compensar os períodos sazonais com insuficiência da fonte renovável, e são os que estão melhor definidos

graças a alguns projetos em testes existentes, ou concluídos. É importante mencionar que qualquer sistema energético na Amazônia é deficitário, inclusive os grandes sistemas isolados das capitais.

1.1.1 Uso da biomassa como fonte de energia renovável

A biomassa é uma fonte de energia que é gerada por meio da decomposição de materiais orgânicos. Para fazê-la são utilizados materiais como biomassa arborícola, sobra de serragem, vegetais e frutas, bagaço de cana e alguns tipos de esgotos. Ela é transformada em energia por meio dos processos de combustão, gaseificação, fermentação ou na produção de substâncias líquidas. A figura 1 representa os recursos aproveitados para a geração da energia por biomassa.

Figura 1: Recursos aproveitados para geração de energia denominada biomassa.



Fonte: (ENERGY, 2019).

Nos casos da fermentação ou produção de substâncias líquidas, a produção de biomassa se dá a partir dos óleos vegetais "in natura", que passam por um processo onde são filtrados e limpos prontos para serem utilizados nos motores em substituição ao diesel. Porém, o destaque surge na coleta de oleaginosas e extração de óleo em grande escala, um processo que traz problemas devido a atividade de extração nas comunidades ser secundária, com produção reduzida.

A geração elétrica com biomassa obtida através da combustão é realizada através dos processos:

- Queima direta em caldeira, com produção de vapor e acionamento de máquina alternativa a vapor;
- Queima direta em caldeira, com produção de vapor e acionamento de pequena turbina a vapor;
- Gaseificação e acionamento de motor de combustão interna.

A possibilidade de utilizar a tecnologia torna-se limitada a poucas comunidades rurais do estado e seu uso em grande escala torna-se prejudicial ao meio ambiente. Em parte do interior do estado, a instalação de tecnologias providas do aproveitamento do lixo torna-se possível (Parintins, Manacapuru, Itacoatiara e Maués) (MACIL, 2015), onde o volume do lixo e a demanda dessas pequenas cidades é considerado suficiente para a geração de energia.

O biodigestor, fonte alternativa de energia renovável, é um equipamento onde ocorre a decomposição da matéria orgânica (ou biomassa), tendo como resultado uma mistura de gases. A instalação de um biodigestor para produzir biogás não se traduz em apenas na utilização de uma fonte alternativa de energia. Vários benefícios indiretos estão associados ao biodigestor, tais como bem-estar social, saúde da família, profilaxia do rebanho, e até a conservação de sementes.

A passagem do biogás através de um silo torna a atmosfera anaeróbica e impossibilita o desenvolvimento de pragas. Este gás pode ser normalmente reutilizado como energético, o que reduz praticamente a zero o custo do tratamento das sementes. Contribui para a formação de energia, por formar um tipo de energia renovável, sendo vantajoso em vários lugares, como na área rural, pois utiliza também resíduos de animais como matéria prima, contribuindo assim para o meio ambiente por não produzir um gás poluente.

A biomassa para usos energéticos pode ser classificada em três linhas de biocombustíveis: os sólidos, os líquidos e os gasosos. A opção da biomassa como fonte primária de energia é atrativa na Amazônia porque o meio ambiente oferece condições propícias para uma alta capacidade de reprodução, tanto na floresta natural, como nas plantações sistemáticas. Um ponto positivo dessa configuração está em não necessitar de tratamentos agrícolas, bastando efetuar a coleta de modo disciplinado para garantir a sustentabilidade do esquema. Em consequência, a combustão da biomassa é um processo reversível, renovável e sustentável.

Como a maior parte das populações isoladas está situada na Planície Amazônica (MACEDO, 2006), aonde prevalece a energia solar fotovoltaica e a bioenergia, reforço o destaque dado no presente trabalho, que enfatiza a gestão da biomassa pela própria população beneficiada com a infraestrutura energética.

Atualmente, existem dez usinas de geração de energia elétrica à biomassa em funcionamento na Amazônia, as mesmas apresentam-se na tabela 2. Elas alimentam plantas industriais de empresas madeireiras, que são classificadas como autoprodutoras de energia de parte ou da totalidade de sua demanda, com potência desde 200 kW até 3 MW (DI LASCIO, 2009).

Tabela 2 - Usinas termoeletricas à biomassa em funcionamento na Amazônia.

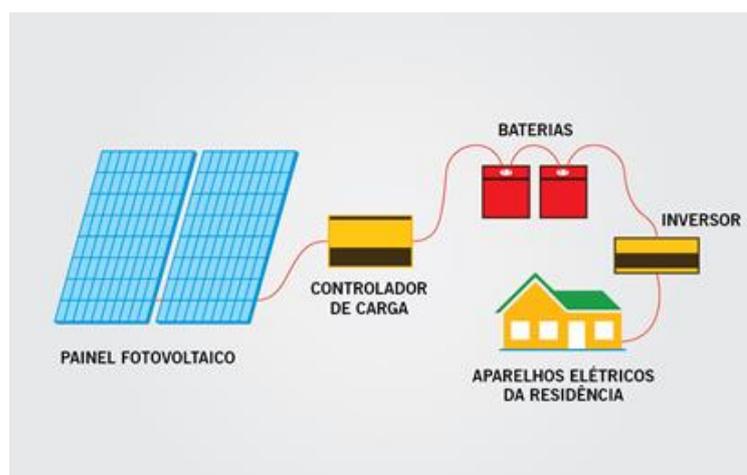
Propriedade	Local da Instalação	Potência (MW)	Registro ANEEL
BK Energia São José do Rio Claro S.A	Itacoatiara-AM	9,0	Sim
Maggi Energia S.A.	Itacoatiara-AM	5,0	Sim
Tramontina Belém S.A.	Belém-PA	1,5	Sim
Pampa Exportações Ltda	Belém-PA	0,4	Sim
Biomass Users NetWork do Brasil-BUN	Manaus-AM	0,027	Sim
Floraplac Industrial Ltda.	Paragominas-PA	1,25	Sim
Nordisk Timber Ltda	Belém-PA	0,2	Não
Intel Ltd	Breves-PA	0,7	Não
Madenorte S.A	Breves-PA	3,0	Não
Serraria Nova Conceição Ltda	Tomé-Açu-PA	1,0	Não

Fonte: (RENDEIRO et al, 2004).

1.1.2 Uso da energia fotovoltaica como fonte de energia renovável

A tecnologia fotovoltaica produz eletricidade diretamente através da transformação da radiação solar em energia elétrica, utilizando materiais semicondutores presentes nos painéis solares, como representado na figura 2. É a tecnologia mais utilizada no atendimento das comunidades isoladas, e possui uma boa eficiência na região amazônica. É um sistema que pode ser implantado em toda a região amazônica.

Figura 2: Modelo de Sistema Fotovoltaico Off-Grid.



Fonte: (ELECTROTOOL, 2016).

Estando diretamente ligada aos índices de irradiação solar incidente sobre a região em questão, é imprescindível, analisar o recurso solar. Tendo em vista as condições climáticas e

elevados índices de fluxo de radiação solar na Amazônia, a mesma é classificada com uma boa eficiência em relação aos sistemas fotovoltaicos.

Tal tecnologia resolve em parte o problema da falta de energia elétrica nas regiões isoladas, mas a escassa densidade da fonte primária, sua grande variabilidade e o custo elevado dos equipamentos impedem um uso mais intenso para atividades produtivas, até mesmo para mover pequenas indústrias. Entretanto, essa fonte fotovoltaica de pequena capacidade introduz a iluminação elétrica, a qual contribui positivamente porque melhora as condições da educação, possibilita o pequeno bombeamento de água, permite a estocagem de vacinas e medicamentos, e outros usos muito úteis no dia-a-dia do habitante de comunidades isoladas. Recentemente, as telecomunicações foram beneficiadas com a evolução da tecnologia, que aumentou a eficiência e reduziu o consumo de energia, tornando o acesso dela praticamente universal, inclusive oferecendo internet nos sítios mais remotos. Desse modo, o uso de painéis fotovoltaicos viabiliza algum conforto e melhora em parte a qualidade de vida dos habitantes, mas pouco contribui para incrementar o perfil da produção e da renda local.

1.2 FONTES PROMISSORAS NA COMUNIDADE DE MARAUÁ.

Com base no perfil energético da Região Amazônica (RA), se tem como fontes de energias renováveis promissoras a Fotovoltaica e Biomassa, como apresentado.

Sabemos que escolha da biomassa aparece como uma das vantagens pois, além de ser característica do perfil da região, cria um vínculo entre o morador da comunidade local e a própria floresta, onde garantindo uma coleta dos resíduos de modo disciplinado tem-se a sustentabilidade do esquema, se apresentando como um método já conhecido na região.

Com base nos sistemas de Atendimento de Nova Geração Distribuída e Minirrede (ANGD-MR), de novos consumidores rurais situados em pequenos vilarejos, e nos sistemas Atendimento de Nova Geração Distribuída e de Fonte Fotovoltaica (ANGD-FV), foram detalhados os requisitos necessários para a análise, de acordo com o perfil de produção dos resíduos energéticos utilizados para a geração de biomassa, e escolha da comunidade.

A definição de um padrão médio de comunidade é complexa, pois as distâncias entre as construções são muito irregulares. É fundamental saber quais são as atividades praticadas pelos moradores, porque não somente define a carga a ser atendida, como estabelece ainda o potencial de crescimento daquela, que varia em função da existência de atividades de beneficiamento da produção (casa de farinha, peladora de arroz, serraria, carpintaria, etc) e de equipamentos públicos (escola, igreja, poço artesiano, etc), dentre outros. O nível de

escolaridade é outro fator determinante do aproveitamento da nova disponibilidade energética, e ajuda a definir o crescimento.

Com o objetivo de atender todos os requisitos citados, a comunidade escolhida em questão foi a comunidade Marauá, localizada na reserva extrativista de Jutai. A escolha por Jutai predominará devido a mesma possui sua própria reserva extrativista, onde facilita e incentiva a atividade da agricultura e extração, sendo reservada uma área própria para tais atividades, dotadas de diversas comunidades.

Por apresentar um alto potencial extrativista da madeira, com uma grande área com plantio de árvores, se torna ideal para a produção de energia biomassa, provinda de frutos e agricultura resultante da atividade constante.

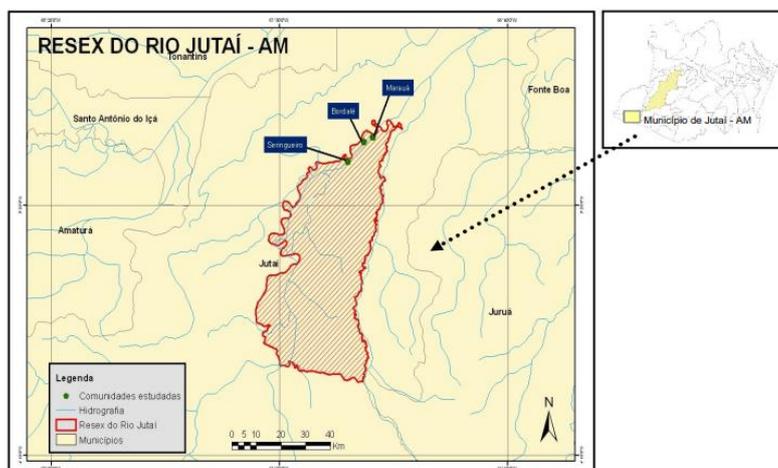
A criação da reserva extrativista garante que os recursos naturais da região não sofrerão a ação predatória, permitindo à população tradicional que habita o local acesso ao crédito e à assistência técnica. O objetivo é que possa haver aumento da produtividade tornando viável a manutenção dos recursos naturais.

O extrativismo vegetal e a pesca são as principais atividades na área. Dentre as potencialidades produtivas da reserva do Jutai destacam-se a produção de látex (borracha), extração de óleos vegetais de espécies de uso medicinal, como andiroba, copaíba, jatobá e a carapanaúba, e pescado.

1.2.1 Características da Reserva Extrativista de Jutai - RESEX

A criação a Reserva Extrativista do Rio Jutai, apresentada na figura 3, tem o objetivo de “assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista local” (ALVES, 1998).

Figura 3: Reserva Extrativista de Jutai.



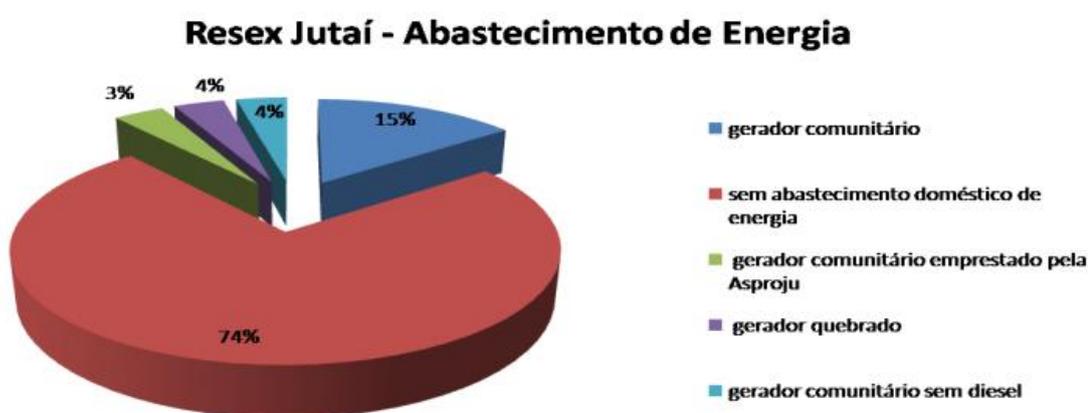
Fonte: (MIPMEA, 2006)

No aspecto sócio – econômico, residem cerca de 350 famílias, distribuídas em 28 comunidades. A população tem sua origem predominante do município de Jutaí.

A RESEX do Rio Jutaí não dispõe de rede de energia elétrica, o abastecimento nas comunidades, quando existe, é feito por gerador. A forma de abastecimento de energia na RESEX é apresentada na figura 4.

Nas comunidades as famílias contribuem para subsidiar o combustível, visto que este não é constantemente disponibilizado pela prefeitura municipal; o é apenas nas comunidades que tem aulas no período noturno.

Figura 4: Abastecimento de Energia na Reserva Extrativista de Jutaí.

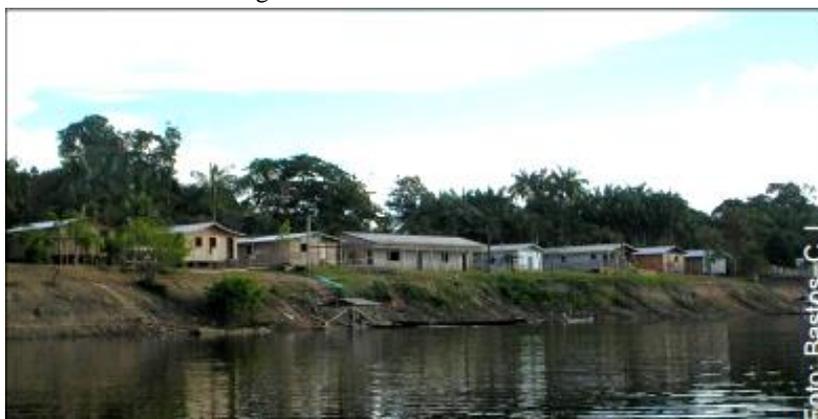


Fonte: (RESEX do Rio Jutaí, 2012).

1.2.2 Comunidade Isolada de Marauá – Adaptação de um Sistema ANGD-MR

Considerando a rede de distribuição de Jutaí, o sistema híbrido trabalhará em conjunto com o gerador presente na comunidade, que é atualmente a única forma de abastecimento de energia no local. A comunidade isolada Marauá, representada na figura 5, pertencente a reserva extrativista de Jutaí, possui 39 famílias (RESEX, 2012).

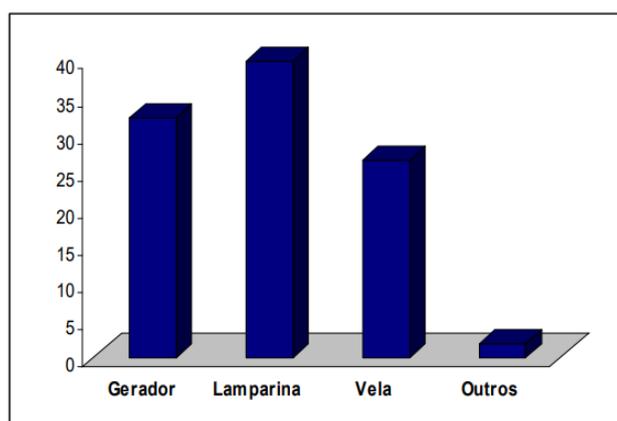
Figura 5: Comunidade de Marauá.



Fonte: (BASTOS, 2007).

A figura 6, apresenta as fontes de energias utilizadas comumente nas comunidades da RESEX. Atualmente, na comunidade, o fornecimento de energia se dá através de lamparina (39%) por ser mais viável economicamente em relação à vela (26%) (BASTOS, 2007) - pois esta tem menor vida útil, em relação a lamparina. O gerador, representando 32% da geração (BASTOS, 2007), apresenta custo de manutenção mais elevado, exigindo a compra de diesel, e nem sempre eles detêm dinheiro ou alguma contrapartida para aquisição desse produto passando até meses sem energia elétrica; este é substituído temporariamente por outra fonte de energia.

Figura 6: Fontes de Energias utilizadas nas Comunidades.



Fonte: (BASTOS, 2007).

É viável a escolha de uma comunidade com poucas famílias, a validade da escolha para geração distribuída é de no mínimo 4 casas, pois são locais onde, predominam o equilíbrio entre a ocupação humana e o ambiente natural, a caça, a pesca, o extrativismo e a agricultura são as atividades majoritárias e fundamentais para os moradores, em um pequeno espaço físico conseguem obter todos os recursos necessários à sobrevivência.

O ANGD-MR terá de suprir, no mínimo, as moradias, uma escola, um bombeamento de água de poço artesiano e uma pequena atividade produtiva, conforme a Tabela 3, que devem somar uma capacidade inicial para sete ligações. Além disso, foi especificado que cada sistema a ser implantado teria de suportar um incremento da demanda de 40% durante os primeiros cinco anos, além de outras características (DI LASCIO, 2005).

Tabela 3 - Características dos sistemas com geração distribuída e minirrede.

Tópico	Especificação
Abrangência do atendimento	Moradias, escola, bombeamento de poço artesiano, e beneficiamento da produção.
Aumento demanda	40% em cinco anos.
Características da Geração	Estrutura física capaz de operar de forma contínua com funcionamento automático, unidade de reserva, utilização de container marítimo como

	cabine destinada a evitar vazamentos para o ambiente e reduzir o ruído, geradores carenados também com a finalidade de reduzir o ruído, estocagem de combustível com capacidade para um ano nos locais de acesso intermitente, padronização da geração em 10, 20, 30, e 60 kVA.
Minirrede de baixa-tensão	Cabo isolado tipo Multiplex, postes de concreto ou de madeira, aquariquara ou preciosa, de 9 metros, espaçamento padrão de 40 a 50 metros, nível de tensão em 380/220 volts, padrão de entrada de energia com medição para todos os consumidores, e instalação residencial interna conforme o PLpT.
Minirrede de alta-tensão	Cabo coberto, poste de concreto de 11 metros, espaçamento padrão de 80 a 100 metros com transformadores de elevação e abaixamento em poste. Obs: onde houver AT e BT vão máximo de 50m

Fonte: (DI LASCIO, 2005).

Com base nas informações já ditas, se tem a necessidade da potência nominal do grupo-gerador, com especificação mais próxima possível da demanda máxima, de modo a evitar consumos excessivos de óleo diesel.

Neste caso, por ser um pequeno vilarejo com 39 famílias, a experiência conhecida é insipiente, o perfil de casa é geralmente composto por: 4 cômodos, por residência, sendo que esse valor varia entre 03 a 07 cômodos (BASTOS, 2007), dependendo do número de moradores por casa. Entre os bens adquiridos, encontram-se: televisor, canoa, máquina de costura, motosserra, rádio, geladeira, fogão a gás. Para um sistema ANGD-MR em baixa tensão, tem-se as seguintes características apresentadas na tabela 4:

Tabela 4 - Configuração das Minirredes de Baixa Tensão.

Componente	Especificação
Estrutura de Sustentação	Postes de concreto com no mín. 9 metros de comprimento
Espaçamento Entre estruturas	40 metros
Cabo	Cabo isolado do tipo multiplex trifásico, trançado e protegido
Tensão de Entrega	380/220 volts
Entrega ao consumidor	Padrão de entrada de energia com medição
Instalação do consumidor	Dois pontos de iluminação e uma tomada

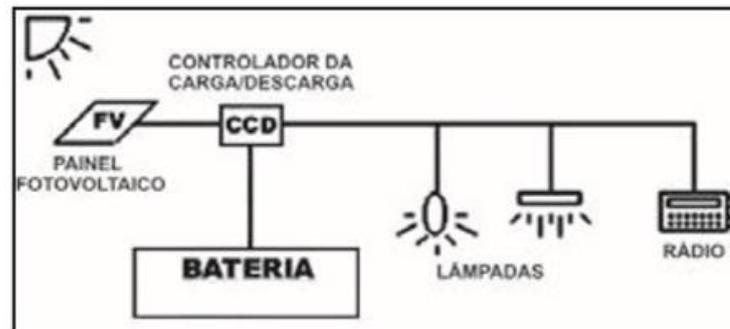
Fonte: (DI LASCIO, 2005)

Visando um sistema híbrido, utilizando da energia fotovoltaica, a definição do tamanho deste sistema deverá ser associada a necessidade do serviço a ser prestado. O atendimento em moradias isoladas, ou em conjunto de até três casas, terá de ser efetuado por Sistemas Fotovoltaicos Domiciliares (SFDs), apresentado na figura 7, devido a impossibilidade tecnológica. No caso da comunidade Marauá, é uma comunidade abastecida apenas por

geradores trabalhando em corrente CC e esta é, atualmente, a única forma de abastecimento de energia no local.

Os elementos fundamentais que caracterizam os SFDs são: o módulo fotovoltaico, a unidade de armazenamento de energia para o período noturno – constituída de pelo menos uma bateria – o sistema de controle carga/descarga (CCD) do acumulador e os equipamentos da carga.

Figura 7: Diagrama de um sistema fotovoltaico domiciliar.

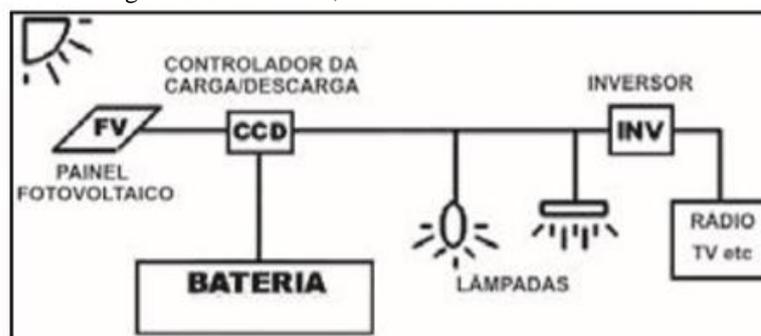


Fonte: (DI LASCIO, 2005).

Já um arranjo misto é formado por uma linha em CC para iluminação, acrescido de um conversor CC/CA, chamado de inversor (INV), de pequena potência, com 150 a 300 W, para alimentação de uma TV e outras pequenas cargas em corrente-alternada. Esta escolha evita o funcionamento do INV durante os períodos de tempo em que a carga é exclusivamente de iluminação, ou seja, quando a potência demandada é muito baixa.

O sistema misto CC/CA, da figura 8, oferece a vantagem de manter o fornecimento de energia aos equipamentos de iluminação mesmo com o INV em pane. Sendo assim, o custo mais alto com as lâmpadas em corrente-contínua é compensado pelo aumento da confiabilidade da iluminação que, nos locais remotos da Amazônia, representa um aspecto muito significativo. Quanto à definição de interrupção de atendimento pela legislação, alguns ajustes são necessários por causa dos dois tipos de suprimento de energia elétrica, que implica considerar as ocorrências parciais, como no caso de pane no inversor, quando a iluminação continua funcionando.

Figura 8: Sistema FV, com atendimento em CC e CA.



Fonte: (DI LASCIO, 2005).

Avaliando biomassa, considerando que a mesma pode ser classificada em três linhas de biocombustíveis: os sólidos, os líquidos e os gasosos.

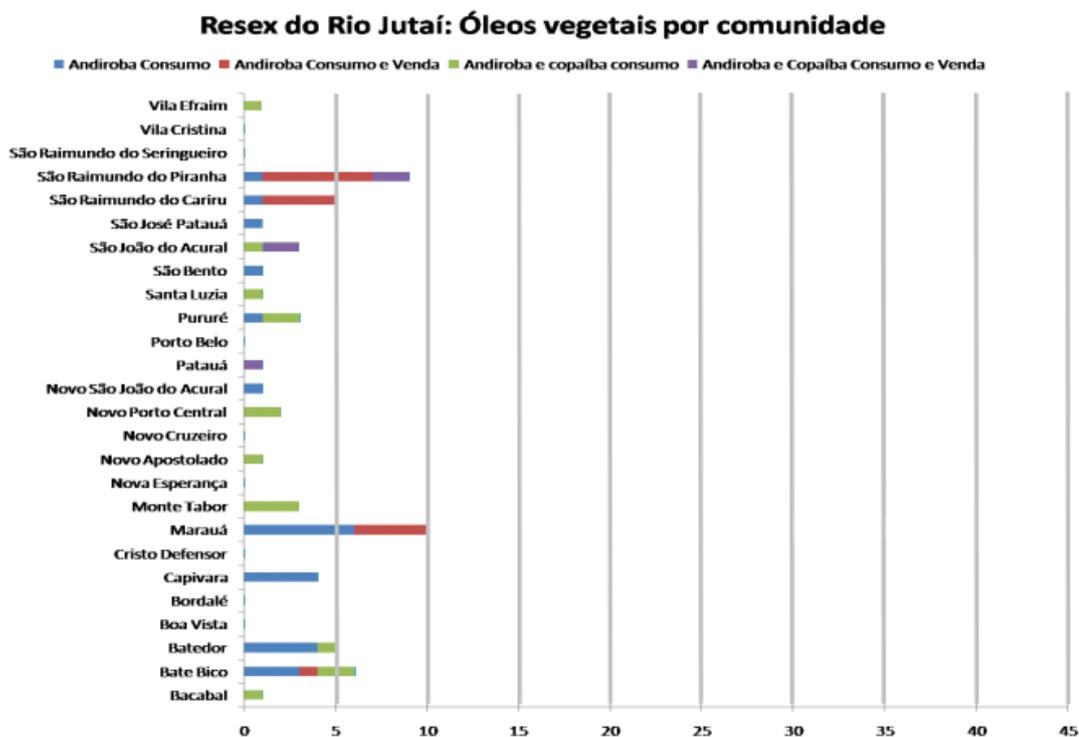
O óleo vegetal, resíduo líquido, pode ser obtido de diversas espécies oleaginosas, tais como: plantas nativas do tipo andiroba ou buriti, ou ainda de cultivos agro-florestais. No caso da Amazônia, onde existe abundância de oleaginosas nativas, a própria natureza disponibiliza a produção. Ali, a coleta de frutos nativos pode ser a mais adequada para a exploração econômica da região, pois não causa impacto significativo ao meio ambiente, inclusive por não requerer insumos e defensivos agrícolas. A maioria dos óleos vegetais é encontrada nas sementes das plantas e na polpa dos frutos. Eles constituem a reserva alimentícia e energética para ser utilizada pela semente ao germinar. Esses óleos também constituem a fonte de energia de vários seres da fauna dos ecossistemas desses locais.

Por recomendação e para evitar danos à natureza, os estudos clássicos indicam que a coleta de frutos de uma determinada espécie não deve ultrapassar 30% do total da sua própria produção.

Outros produtos comumente extraídos na RESEX, são os cipós (ambé e titica), castanha-do-brasil, mel e óleos de copaíba e andiroba. Na região se destacam pelo uso as palmeiras do açaí, bacaba, buriti, para alimentação; para construção e outros fins o marajá, paxiúba, paxiubinha e ubim. A figura 9 representa a extração de óleos vegetais, considerados resíduos de biomassa líquidos, realizada pelas próprias famílias da comunidade. Os componentes mais empregados na formação de consórcios agroflorestais na Amazônia são a pupunha o cupuaçu e a castanheira-do-Brasil. O manejo da Andiroba é realizado em áreas de florestas e é complementado pela maioria das famílias em plantio dentro de um sistema produtivo efetuando algum grau de comercialização no interior da comunidade. A Andiroba é uma das espécies manejadas por populações locais na RESEX e em determinados casos o manejo implica, além da coleta, o cultivo e processamento das sementes e essas práticas são aplicadas pela maioria

das famílias nas comunidades. Todos os extrativistas usam alguma parte ou derivado da planta, seja para comercialização ou para uso pessoal. O buriti serve para alimentação e para aproveitamento da palha. Dentre os vários frutos com os quais os moradores da RESEX já tiveram experiência de comercialização, este é um de destaque.

Figura 9: Extração e Destinação dos óleos vegetais (Comunidades x Litros de óleo vegetal).



Fonte: (RESEX, 2012).

Cabe analisar também que a comunidade se destaca pelo extrativismo da madeira e possui uma grande reserva de árvores por hectare. Com intuito de diminuir o desmatamento, a reserva extrativista existe justamente para auxiliar parte da comunidade na utilização destes benefícios sem interferir ecologicamente no meio ambiente em questão. As árvores presentes, contando com os mais diversos frutos produzidos constantemente na região, gera uma produção natural de modo sustentável, definidos como recursos sólidos da biomassa (frutos oleaginosos, plantas, caules).

Por fim, os resíduos de biomassa devem ser destinados para queima em máquinas a vapor como forma de otimizar a dinâmica econômica local. A plantação de oleaginosas nas áreas degradadas vizinhas à floresta, ou o adensamento dessas plantas no interior da mata original, com o objetivo de comercializar o óleo vegetal e a energia elétrica, com certeza melhora a disponibilidade da matéria prima (DI LASCIO, 2005).

1.3 ASPECTOS REGULATÓRIOS DA VIABILIDADE DA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE MICROGERAÇÃO

Os sistemas isolados dispõem de alguns aspectos regulatórios dentro da concessionária de energia para o correto procedimento de instalação e requerimento das mesmas. Dentre eles, identificam-se:

- Lei N° 12.111, DE 09 de Dezembro de 2009;
- Resolução Normativa N°482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012;
- Manual do Luz para Todos (LPT) para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, de 13 de novembro de 2015;

1.3.1 Lei N° 12.111, de 09 de dezembro de 2009

A lei n° 12.111 dispõe sobre os serviços de energia elétrica nos Sistemas Isolados.

No custo total de geração de energia elétrica nos sistemas isolados, deverão ser incluídos os custos relativos à prestação do serviço de energia elétrica em regiões remotas, caracterizadas por grande dispersão de consumidores e ausência de economia de escala.

Deverão ser previstos mecanismos que induzam à eficiência econômica e energética, à valorização do meio ambiente e à utilização de recursos energéticos locais, visando a atingir a sustentabilidade econômica da geração de energia elétrica nos sistemas isolados.

1.3.2 Resolução Normativa N°482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

- Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual 1 MW, para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

- Sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia elétrica ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo cadastro de pessoa física (CPF) ou (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda.

1.3.3 Manual do LPT para Atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, de 13 de novembro de 2015

O Manual estabelece os procedimentos, critérios técnicos e financeiros que devem ser observados, bem como as atribuições das partes envolvidas, para os atendimentos com o serviço público de energia elétrica em Regiões Remotas dos Sistemas Isolados, por meio de Microsistemas Isolados de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI) ou Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente (SIGFI).

São consideradas como opções tecnológicas para atendimento com sistemas de geração descentralizada:

- a) minicentral hidrelétrica;
- b) microcentral hidrelétrica;
- c) usina termelétrica a biocombustíveis ou gás natural;
- d) usina solar fotovoltaica;
- e) aerogeradores;
- f) sistemas híbridos, resultantes da combinação de duas ou mais das seguintes fontes primárias: solar, eólica, biomassa, hídrica e/ou diesel.

O projeto apresentado se enquadra na letra f, sendo um sistema híbrido resultando das fontes solar, biomassa e diesel.

Tomando como base essa norma, e sendo caracterizada como agente executor, se tem obrigatoriamente as seguintes atividades:

- Levantar e registrar as demandas de sua área de concessão, identificando o tipo de comunidade e/ou domicílios a serem beneficiados.
- Identificar a (s) tecnologia (s) que melhor aproveite (m) os potenciais energéticos locais e regionais, do ponto de vista econômico e de disponibilidade energética;
- Elaborar os Programas de Obras para atendimento às Regiões Remotas dos Sistemas Isolados.

O atendimento às Regiões Remotas dos SI será realizado com projetos de eletrificação rural, de forma sustentável, priorizando a utilização de fontes renováveis e mitigando o impacto ambiental. O projeto será elaborado para abranger no mínimo, obrigatoriamente, 01 (um) ponto de iluminação por cômodo, até o limite de 03 (três) pontos, 02 (duas) tomadas e demais materiais necessários, inclusive lâmpadas fluorescentes compactas de 9 W ou 11 W (ou outro tipo de lâmpada, desde que com tecnologia com eficiência equivalente ou superior)

1.4 ADEQUAÇÃO DE UMA GERAÇÃO *SMARTGRID* PARA *MICROGRID*

Como apresentado anteriormente, os sistemas híbridos provêm da integração de diversas fontes de energias renováveis, neste caso, as energias que atendem as particularidades da região amazônica. O que presenciamos em grandes cidades são redes de distribuição elétrica eficientes, mas isso muda nas comunidades rurais, onde vemos que o desenvolvimento para gerações de energia sustentável é limitado.

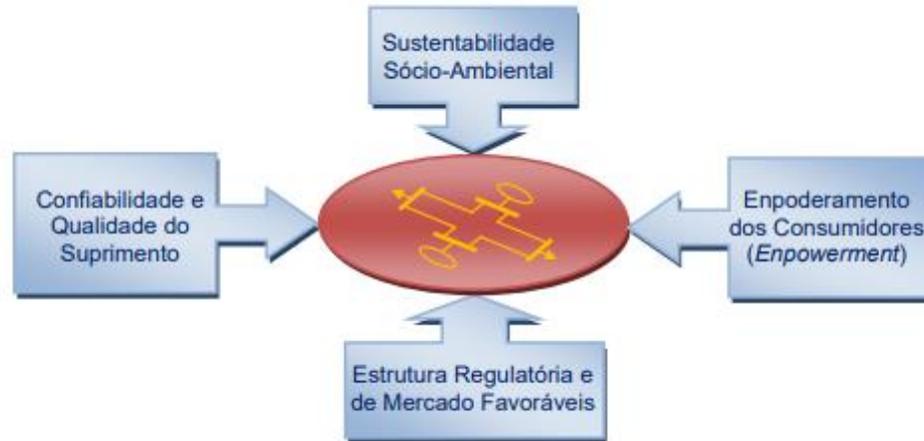
Apesar das diversas vantagens da geração distribuída e de seu potencial para resolução dos problemas econômicos e ambientais causados pelo modelo centralizado, o aumento da demanda por essas alternativas torna-se um desafio, visto que o controle e a operação da rede de forma segura e eficiente são dificultados pela presença de mais unidades de geração, principalmente as que utilizam fontes renováveis providas de painéis fotovoltaicos e turbinas eólicas. Este problema pode ser parcialmente resolvido por *Microgrids* (MSG), uma opção para agregar, gerenciar e introduzir unidades de geração distribuída na rede.

A MSG é uma adaptação da SG, sendo um sistema de geração de energia integrado composto por unidades de geração distribuída, com cargas variadas operando como uma rede única de forma independente, em paralelo com a rede de distribuição. Para isso, este sistema emprega estratégias de controle local e pode ser híbrido, com diversos tipos de geração, ou focado em uma única tecnologia (BARBOSA, 2013).

A microrrede coordena as unidades de forma descentralizada, reduzindo o nível de controle necessário pelo operador de rede sem perder os benefícios da *SmartGrid* (SG) (BARBOSA, 2013).

Os principais fatores motivadores da introdução dessas tecnologias são apresentados na figura 10.

Figura 10: Fatores Motivadores da Introdução de *SmartGrids* e Microredes.

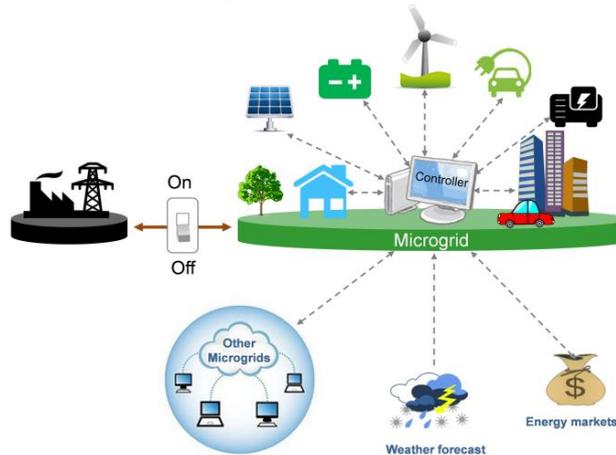


Fonte: (BARBOSA, 2013).

A MSG é vista como uma estratégia para integração futura em grandes SG, porém em comunidades isoladas tem grandes vantagens em questão de gerenciamento energético dos sistemas híbridos de geração elétrica visando a sustentabilidade do desenvolvimento econômico uma região.

Para atender as particularidades da Amazônia, de forma geográfica e social, gera-se uma estrutura muito menor e mais complexa para alcançar os mesmos objetivos. A Figura 11 ilustra um exemplo de MSG que possui três grandes potencias de geração utilizando energias renováveis.

Figura 11: Rede *Microgrid*.



Fonte: (CABRAL, 2015).

2 METODOLOGIA

O presente trabalho será uma Pesquisa Aplicada, cujo objetivo é a realização de uma pesquisa exploratória, uma vez que será avaliado o potencial energético da região Amazônica, e explicativa, considerando o motivo da escolha das energias renováveis escolhidas. Os procedimentos técnicos serão de pesquisa bibliográfica e experimental em laboratórios. Como método de abordagem, será utilizado o hipotético-dedutivo e a elaboração seguirá o método de procedimento monográfico. A coleta de dados será feita através da observação direta intensiva e documentação indireta, sendo estes dados qualitativos e interpretados de forma global.

Considerando a metodologia apresentada no projeto de pesquisa, na primeira fase foi analisado o potencial energético da RA, através de referências bibliográficas na área de pesquisas e dados que forneçam informações com relação a viabilidade econômica e territorial, identificando também o perfil de fornecimento das comunidades isoladas da mesma, utilizando como referências as disciplinas de Eficiência Energética e Energias Renováveis. Com bases nos dados e pesquisas adquiridos, identificou-se as fontes de energia que são adaptáveis a região, as que renderiam mais, mas que geralmente não são mais de três, sempre com seu armazenamento (sistema de baterias), através de estudos de casos aplicados a RA, projetos de pesquisas e até mesmo pequenos projetos já desenvolvidos. A segunda fase apresentou a comunidade isolada, apontando o perfil energético da mesma e comprovando o seu potencial em relação as energias renováveis escolhidas na primeira fase.

A primeira e segunda fase foram de suma importância, uma vez que o modelo elaborado foi utilizado na terceira fase, sendo o projeto um sistema híbrido que trabalhará em conjunto com a rede de distribuição de uma comunidade isolada. Considerando também que as análises feitas na primeira fase precisam ser bem detalhadas, garantindo que a energia renovável escolhida será viável nos âmbitos ecológico e econômico. Em virtude disso, serão utilizados métodos de pesquisas como artigos técnicos atualizados.

O projeto será um sistema híbrido, conectado à rede de distribuição, dotando das energias solar e biomassa. Neste trabalho identificou-se o perfil do fornecimento de energia da comunidade, utilizando referências estudadas nas disciplinas de Instalações Elétricas I e II. Após esta fase, se implementa o sistema de *Microgrid* a rede de distribuição. Com isso, serão dimensionados os blocos de fotovoltaico e biomassa em medidas de potência, apresentados a seguir.

Para uma melhor compreensão do trabalho, o mesmo foi dividido nas seguintes etapas:

- Análise do consumo de energia na comunidade Marauá;

- Análise do Sistema Fotovoltaico;
- Análise do Sistema Biomassa;
- Análise do Sistema a Diesel;
- Integração dos Sistemas a Rede Elétrica;
- Análise da Microgrid no *Matlab*;

2.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA NA COMUNIDADE MARAUÁ.

Como ponto inicial do trabalho, foi feita uma análise do perfil de consumo da comunidade Marauá, envolvendo as atividades praticadas pelos moradores e o padrão de cada casa da comunidade e do local.

Foram apresentados no referencial teórico os tipos de sistemas de atendimento de nova geração, a comunidade Marauá se encaixa como ANGD-M, composta por 39 famílias, uma escola, uma rádio, uma igreja, um bar, uma taberna e uma casa de reunião. Para a análise do consumo foi feita uma tabela de carga, com base na potência de cada equipamento presente nas residências e nos locais presentes na comunidade.

O relatório “Vida social das comunidades da RESEX do rio Jutá e uso dos recursos florestais retrata a comunidade Marauá” com o seguinte perfil:

Por ser uma comunidade grande, a infraestrutura comunitária conta com uma série de aparelhos: 1 telefone público funcionando com energia solar, 2 campos de futebol, 1 campo de vôlei, 1 rádio de comunicação, 11 casas de farinha (nem todas localizadas na área da comunidade), 1 ponte, 1 estufa de madeira (construída por projeto externo e nunca utilizada), 1 igreja, 1 escola, 1 bar e 1 taberna (HIGUCHI et al., 2011).

Considerando os equipamentos básicos de cada casa presente nessas comunidades isoladas, se fez a tabela de carga, apresentada na tabela 5 abaixo:

Tabela 5: Tabela de carga de cada UC presente na comunidade.

Carga de Cada UC						
UC	Consumidor	Equipamento	Qtd.	Pot. (W)	Total	Pot. Total UC (W)
1 a 39	Moradia	Televisão	1	150	150	33540
		Geladeira	1	150	150	
		Luminária	4	80	320	
		Tomada	3	80	240	
40	Escola	Luminária	4	80	320	560
		Tomada	3	80	240	
41	Igreja	Luminária	2	80	160	160
42		Luminária	1	80	80	160

	Agente de Saúde	Tomada	1	80	80	
43	Estação de Rádio	Luminária	1	80	80	160
		Tomada	1	80	80	
44	Bar	Luminária	1	80	80	160
		Tomada	1	80	80	
45	Taberna	Luminária	1	80	80	80
46	Casa de Reunião	Luminária	1	80	80	80
Potência Total (w)						34900

Fonte: Própria.

Com base na potência total em watts (w) apresentada na tabela acima, se calcula a energia consumida da comunidade, tal valor servirá de base para cálculo dos sistemas fotovoltaico, biomassa e diesel. A mesma foi calculada com base na equação 1 abaixo:

$$E = P * t (h) \quad (1)$$

Onde P é a potência total, em W, e t representa o tempo, em horas, que temos aquela potência ativa. Sendo assim, medida de energia é dada em Wh (watt-hora) ou em kWh.

Neste caso, a energia consumida pela comunidade, considerando que temos essa potência ativa apenas nos horários de pico, com duração de 4 horas, será equivalente a 139,6 kWh.

2.2 ANÁLISE DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Os blocos básicos para o funcionamento de um sistema fotovoltaico são: gerador fotovoltaico (GFV), equipamentos de controle e condicionamento de potência e armazenamento de energia elétrica (GONÇALVES; RAMOS, 2016, pg 5). Em concordância com a resolução 482 da ANEEL e com o Manual do LPT, a sistema apresentado caracteriza-se como um microsistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica (MIGDI), com potência de geração instalada total menor ou igual a 75kW.

Para o dimensionamento do GFV, será considerado um sistema autônomo, que funciona independente da rede elétrica (GONÇALVES; RAMOS, 2016, pg 6). Com base no consumo apresentado na seção anterior, e portando dos dados de radiação solar, podemos então dar início ao cálculo do sistema.

Com o intuito de facilitar o entendimento, esta análise foi dividida nos seguintes tópicos:

- a) análise da radiação solar mensal na comunidade.
- b) dimensionamento do GFV.
- c) dimensionamento dos inversores.

- d) dimensionamento do sistema de armazenamento.
- e) dimensionamento dos controladores de carga.

Os valores de irradiação e radiação solar foram obtidos de pesquisas científicas que demonstram os dados para o interior do Amazonas. O número de Horas de Sol Pleno (HSP), definida como o intervalo de tempo, em horas, em que se concentraria, ao longo do dia, uma radiação solar constante de 1000 W/m², adotado foi HSP = 4,25 referente ao mês de janeiro de 2014. A instalação dos módulos solares deve ocorrer com inclinação de 10° ao Norte, instalação fixa.

2.2.1 Dimensionamento GFV

O primeiro parâmetro a ser considerado será o consumo final, C_{FIN} (Wh), caracterizado pela relação entre a energia elétrica consumida e eficiências das baterias e do inversor. Para cargas em CA, o consumo final é obtido a partir da equação 2 (PINHO; GALDINO, 2014):

$$C_{FIN} = \frac{E}{\eta_{Bat} * \eta_{Inv}} \quad (2)$$

Onde η_{bat} (%) é a eficiência global da bateria e η_{inv} (%) é a eficiência do inversor. A potência ativa do GFV (P_{GFV}) pode ser obtida a partir da equação 3:

$$P_{GFV} = \frac{C_{FIN}}{HSP * F_{Red1} * F_{Red2}} \quad (3)$$

Onde, F_{RED1} e F_{RED2} são fatores de redução conforme (PINHO; GALDINO, 2014). Para se obter o número de módulos solares, N_{MOD} , se utiliza a equação 4:

$$P_{GFV} = \frac{P_{GFV}}{P_{MOD}} \quad (4)$$

Onde P_{MOD} é a potência do módulo a ser escolhido, em Wp (watt-pico).

A quantidade de módulos em série (N_{MS}) é obtida em função da tensão CC do sistema, V_{BB} , e da tensão nominal do módulo solar. A quantidade de módulos em série será dada de acordo com a equação 5:

$$N_{MS} = \frac{1,20 * V_{BB}}{V_{MP}} \quad (5)$$

Onde, V_{MP} é a tensão nominal do módulo solar no ponto de máxima potência (irradiância de 1000 W/m² e temperatura de 25°C) e o fator constante de 1,20 conforme (PINHO; GALDINO, 2014).

O número de filas de módulos em paralelo (N_{FP}) pode ser calculado através da equação 6:

$$N_{FP} = \frac{N_{MOD}}{N_{MS}} \quad (6)$$

A corrente máxima a ser gerada pelo GFV (PINHO; GALDINO, 2014), I_{GFV} , pode ser calculada aplicando-se a equação 7:

$$N_{FP} = \frac{P_{GFV}}{V_{BB}} \quad (7)$$

2.2.2 Dimensionamento do sistema de armazenamento

A autonomia das baterias foi relacionada com base na RN 493 – ANEEL, conforme tabela 6 apresentada abaixo; a mesma relaciona a autonomia da bateria de acordo com a disponibilidade mensal de energia elétrica por cada unidade consumidora.

Tabela 6: Disponibilidade mensal de energia elétrica por UC.

Disp. mensal garantida (kWh/mês/UC)	Consumo de referência (Wh/dia/UC)	Autonomia mínima (horas)	Potência mínima (W/UC)
13	435	48	250
20	670	48	250
30	1000	48	500
45	1500	48	700
60	2000	48	1000
80	2650	48	1250

Fonte: (RESOLUÇÃO NORMATIVA 493 – ANEEL, 2012)

Para isso, se tem uma bateria com autonomia de 48h e com base nos valores já calculados acima, a energia ativa do conjunto de baterias é demonstrado através da equação 8:

$$C_{BWh} = \frac{C_{FIN} * N}{P_{dmax}} \quad (8)$$

A capacidade do banco de baterias, em Ah (amper-hora), é dado pela equação 9:

$$C_{BAh} = \frac{C_{BWh}}{V_{BB}} \quad (9)$$

A quantidade de bancos de baterias (N_{BB}) pode ser determinada a partir da equação 10:

$$N_{BB} = \frac{C_{BAh}}{C_{Ib}} \quad (10)$$

Onde, C_{IB} é a capacidade individual (Ah) da bateria, esta informação é encontrada no manual técnico da bateria a ser utilizada. Assim, o número de elementos ou baterias em série, N_{BS} , pode ser obtido através da equação 11:

$$N_{BS} = \frac{V_{BB}}{V_{Ib}} \quad (11)$$

Sendo V_{Ib} a tensão individual do elemento ou bateria do banco de baterias.

2.2.3 Dimensionamento do controlador de carga

O controlador de carga, podendo ser Modulação de Largura de Pulso (PWM) ou seguidor do ponto de máxima potência, é o dispositivo responsável por regular e gerenciar o fluxo energético dos geradores fotovoltaicos para as baterias, bem como protegê-las de uma descarga profunda decorrente de um longo período sem geração (PINHO; GALDINO, 2014). Estes dispositivos são capazes de desconectar o gerador fotovoltaico quando a bateria atingir uma carga suficiente dita pelo consumidor e interromper o funcionamento de energia ao perceber que a carga da bateria atingiu o nível mínimo para funcionamento ideal.

Para a escolha do controlador de carga, se avaliam os seguintes parâmetros:

- Corrente do controlador (I_{MC}):

$$I_{MC} = 1,25 \times N_{FP} \times I_{SC} \quad (12)$$

Onde N_{FP} é a quantidade de filas de módulos conectados em paralelo, já calculado na equação 7 e I_{SC} é a corrente de curto-circuito do módulo escolhido.

- Número de controladores em paralelo: a maioria dos controladores disponíveis no mercado não correspondem a corrente calculado, fazendo com que seja necessário utilizar mais de um controlador, conectados em paralelo, de acordo com a corrente de cada fila do GFV. Tal corrente, dita por I_{NF} , é calculada com base na equação 13 apresentada:

$$I_{NF} = \frac{I_{MC}}{N_{FP}} \quad (13)$$

Para determinar a quantidade de filas por controlador de carga (N_{FC}), foi utilizada a equação 14 apresentada:

$$N_{NF} = \frac{I_{CE}}{I_{NF}} \quad (14)$$

Onde I_{CE} é a corrente nominal do controlador comercial escolhido. A quantidade de controladores (N_{CP}) é obtida através da equação 15:

$$N_{CP} = \frac{N_{FP}}{N_{FC}} \quad (15)$$

Por fim, a potência máxima do controlador de carga se dá através da equação 16:

$$I_{MC} = P_{MOD} \times N_{MS} \times N_{FC} \quad (16)$$

2.2.4 Dimensionamento do inversor

O inversor é o dispositivo responsável pela conversão da tensão contínua, provinda da geração dos módulos fotovoltaicos ou do bando de baterias, para uma tensão alternada, tensão comumente utilizada.

Para sua correta escolha, o valor de potência deve vir da relação entre a potência nominal CA do inversor e a potência pico do GFV. A tensão de entrada do inversor deve ser a mesma tensão nominal CC do sistema. No caso da tensão de saída e número de fases, o inversor deve atender o requerido pela carga, sendo o mais adequado com forma de onda de saída senoidal pura (PINHO; GALDINO, 2014). A relação que apresenta a potência ideal do inversor é apresentada na equação 17:

$$P_{inv} = \frac{P_{max}}{F_{CA}} \quad (17)$$

Onde F_{CA} é o fator de carregamento adotado para o inversor.

2.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE BIOMASSA

A RESEX do Rio Jutuí possui um estoque estimado em cerca de 27 m³/ha de madeira que pode ser utilizado em serrarias para diversos fins, dos quais 14 m³/ha correspondem ao estoque para exploração atual e 13 m³/ha como estoque para novos ciclos de exploração. Esses dados correspondem a 25 espécies de várias classes de valor madeireiro dentre as quais estão guariuba, jatobá, itaúba, louro abacate e mulateiro (RESEX, 2019, pg 96).

O Plano de manejo da RESEX do Rio Jutuí, citado acima, nos diz a respeito do extrativismo em potencial caracterizado para a comunidade, no caso, extração da madeira. Identifica-se que devido ao grande potencial presente na comunidade, a mesma torna-se capaz de usufruir da madeira para a gerar energia sem danificar o ambiente em questão.

Entretanto, as espécies florestais identificadas na RESEX do Rio Jutuí também podem ser utilizadas para outros fins. Pelo menos 56 espécies podem ser utilizadas na carpintaria (aproximadamente 31 m³/ha), cuja utilização envolve fabricação de móveis brinquedos, instrumentos musicais, portas, esquadrias etc. Entre essas espécies estão, por exemplo, morototó, massaranduba e jacareúba. Na carvoaria, 24 espécies poderiam ser aproveitadas (aproximadamente 4 m³/ha), como por exemplo, pajurazinho, caraipé e abiurana bacuri (RESEX, 2019, pg 97).

Para a implantação de uma central a biomassa na Amazônia, vale ressaltar a necessidade de um planejamento de toda a cadeia produtiva da biomassa, desde sua produção, transporte, preparação para transformá-la em combustível, alimentação da usina de biomassa, conversão da biomassa em eletricidade, conexão à rede para distribuição e finalmente a

comercialização dessa energia. Vale ressaltar que a fonte de energia principal será a fotovoltaica, sendo assim, será feita uma análise superficial do gerador de biomassa, baseado em parâmetros recolhidos de artigos técnicos consultados e citados ao longo do trabalho.

Na comunidade Marauá tem-se os recursos madeireiros mais utilizados como: Abacatirana, Acapu, Andiroba, Angelim, Anoirá, Cachimbo, Carapanaúba, Caroba, Castanheira, Cedro, Itaúba, Jacareúba, Louro, Marupá, Maçaranduba, Mulateiro, Punã e Torradinho (HIGUCHI et al., 2011).

2.3.1 Dimensionamento de um gerador a biomassa

Como ponto inicial, para o dimensionamento de uma planta de geração de energia a biomassa é a localização do material que será usado como combustível, a quantificação desse material e a sua caracterização para fins energéticos (RENDEIRO et al., 2008).

A tabela 7 abaixo indica a caracterização energética das espécies encontradas na comunidade, de acordo com as pesquisas mostradas acima:

Tabela 7: Caracterização Energética das Espécies em Marauá.

Caracterização Energética de Algumas Espécies Amazônicas							
Id	Espécie	PCS (Mj/Kg)	Carbono Fixo [%]	Teor de voláteis [%]	Teor de Cinzas [%]	Massa Específica Aparente [kg/m ³]	Densidade Energética [Mj/m ³]
1	Acapu	20,7	20,9	78,7	0,4	250	5175
2	Andiroba	19,76	10,1	89,9	0	290	5732
3	Angelim	17,51	15,1	70	14,9	280	4904
4	Castanheira	20,28	27,1	71	1,9	240	48867
5	Cedro	20,21	15,3	84,6	0,1	249	5032
6	Louro	19,72	17,8	82	0,2	230	4536
7	Marupá	19,84	14,8	84,9	0,3	230	4563
8	Maçaranduba	20,11	17,4	82,4	0,2	373	7503

Fonte: Própria.

Com base nas informações de quantitativos de recursos madeireiros disponíveis para serem aproveitados, notamos que as mesmas se encontram em m³; para isso, foi utilizada a equação 18, apresentada abaixo, para obter essa quantidade em kg/ano (massa):

$$MRD = \rho \times VRD \quad (18)$$

Onde MRD representa a massa de resíduo disponível, em kg/ano, VRD representa o volume de resíduo disponível, em m³/ano, e ρ a massa específica da madeira, em kg/m³.

Com o estabelecimento do valor da demanda de energia elétrica necessária e a qualidade e quantidade de biomassa disponibilizada, os parâmetros de projeto que irão nortear o dimensionamento de um sistema de geração de energia elétrica a vapor não irão prescindir do conhecimento do consumo específico da turbina ou máquina a

vapor a ser utilizada, ou seja, quantos quilos de vapor são necessários para gerar uma quantidade de energia por hora. Quanto maior for este valor, mais vapor deverá ser disponibilizado e, por conseguinte, mais combustível deverá ser consumido pela planta. Este valor depende principalmente das características de projeto da turbina ou da máquina a vapor, pressão e temperatura de entrada do vapor, pressão e temperatura de saída do vapor, e finalmente, do rendimento da máquina térmica (RENDEIRO et al., 2008).

Por se caracterizar como um local com abundância de biomassa e ser uma geração de pequeno porte, será utilizando o conjunto caldeira-máquina a vapor, aplicado apenas para pequenas potências requeridas na faixa de 40 – 300 kVA. Rendeiro et al (2008, pg 75) diz que “[...] este conjunto possui a eficiência e o custo de investimento de implantação inferior ao do conjunto caldeira-turbina a vapor. Por outro lado, o custo de operação e manutenção das máquinas a vapor é superior ao das turbinas a vapor”.

Para máquinas a vapor, se tem 15 a 20 kg_{VAPOR} para cada 1 kWh de energia gerada, e por questões construtivas, estes equipamentos não admitem pressões de entrada superiores a 1,8 MPa e são disponíveis no mercado para potências não superiores a 250 kW.

Com a definição do consumo específico de vapor, fica definida a quantidade de biomassa a ser consumida pela planta e o tamanho da caldeira. Em média, as caldeiras disponíveis no mercado operam com rendimento na faixa de 85%, com um consumo médio de 1 kg de biomassa para cada 4 kg de vapor gerado (RENDEIRO et al., 2008). O dimensionamento do volume do tanque de condensado e a capacidade térmica do condensador são obtidos pela quantidade e qualidade do vapor a ser gerado por hora no ciclo termodinâmico

Para o dimensionamento da planta de geração de energia elétrica pode ser seguida a seguinte rotina:

- a) quantificar a demanda de energia a ser fornecida pela planta.
- b) qualificar e quantificar a biomassa disponibilizada.
- c) escolher o tipo de máquina a vapor a ser utilizada no projeto: turbina ou máquina alternativa a vapor. Nesta escolha já se define o gerador de energia elétrica que tem que atender as condições de tensão, corrente, frequência e regime de funcionamento (contínuo ou intermitente) a que estará sendo requisitado.
- d) calcular a quantidade de vapor necessária para atender a demanda de energia.
- e) com a quantidade e qualidade do vapor requerida, definir o tamanho da caldeira e obter do fabricante suas características dimensionais. Definir o tipo de fornalha em função da biomassa disponibilizada.

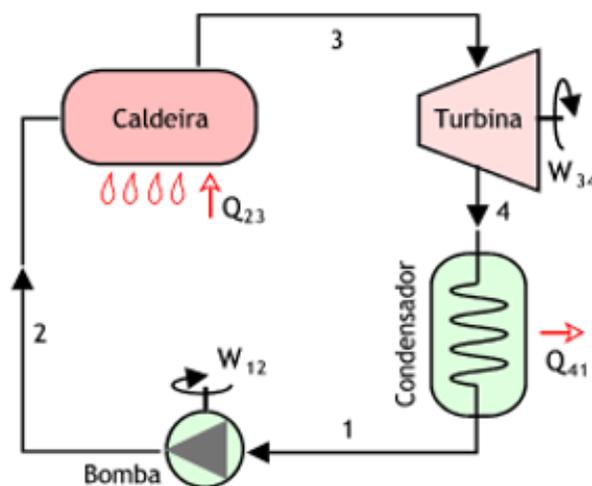
- f) identificar a quantidade de biomassa a ser disponibilizada: 1 kg de biomassa para cada 4 kg de vapor gerado.
- g) calcular o volume do tanque de condensado: 1,5 vezes a quantidade de vapor necessária no processo.

O processo então utilizado no gerador a biomassa será o de ciclo a vapor. Geradores como esse possuem então um gerador de vapor (caldeira), superaquecedor, máquina a vapor, condensador, pré-aquecedores de água e/ou ar e bombas de alimentação de água da caldeira (RENDEIRO et al., 2008).

O gerador com ciclo a vapor tem seu funcionamento descrito da seguinte maneira e apresentado na figura 12:

A biomassa é queimada na câmara de combustão da caldeira. O calor liberado na combustão é transferido para a água, na fase líquida, que está revestindo as paredes da câmara de combustão. Recebendo o calor da combustão, a água passa da fase líquida para a gasosa, tornando-se vapor. Esse vapor de água é coletado na saída superior da caldeira e levado a escoar através de uma serpentina imersa nos gases residuais da câmara de combustão. Como esses gases estão a alta temperatura, transfere calor para o vapor, elevando a sua temperatura. Esse equipamento é denominado de superaquecedor. Após a saída do superaquecedor, os gases residuais são enviados para a chaminé e o vapor para a turbina. O vapor; ao entrar na turbina, está na sua temperatura e pressão mais alta. Esse vapor é injetado contra as pás de uma turbina, fazendo girar o eixo da turbina, que por sua vez está acoplada a um gerador elétrico. A transformação de energia térmica em mecânica na turbina reduz a energia do vapor, reduzindo sua temperatura e pressão (RENDEIRO et al., 2008).

Figura 12: Sistema de geração de eletricidade por gaseificação de biomassa.



Fonte: (RENDEIRO et al., 2008)

Toda a biomassa utilizada será passada por um tratamento termomecânico para seu uso eficaz, tais tratamentos são **secagem, torrefação, briquetes, péletes e trituração**.

2.4 ANÁLISE DO GERADOR A DIESEL

Sendo um sistema híbrido, o uso do gerador a diesel em conjunto com a energia fotovoltaica e biomassa, será apenas para suprir, em último dos casos, eventuais falhas por parte dos geradores do sistema. Ou então, o mesmo entrará para suprir a baixa geração de energia por biomassa e baixa geração fotovoltaica.

O cálculo de consumo de gerador a diesel é baseado na potência e carga utilizada durante o funcionamento, assim como todas as suas especificações serão calculadas e demonstradas em cima do consumo e carga da comunidade. Porém, existem alguns fatores que devem ser levados em consideração, como observar se seu consumo é de caráter emergencial ou essencial, para este trabalho será utilizado um gerador de caráter emergencial tendo em vista as duas fontes de energia renovável que estão sendo apresentadas.

Os do tipo emergencial, por exemplo, é preciso fazer a distinção entre consumidores essenciais ou não essenciais pois, dependendo do caso, você pode optar por um gerador de menor porte.

O tipo de carga, período da operação, forma de utilização e local de armazenamento também são pontos para serem analisados ao elaborar o dimensionamento dos geradores.

Para saber a potência do grupo gerador ideal, se utilizou a tabela de carga da comunidade como referência para somar o índice de consumo de energia elétrica em watts (W) de todos os objetos que serão conectados isolados ou simultaneamente ao dispositivo.

O resultado dessa soma corresponde ao total de energia que o grupo gerador deverá produzir. Na hora de calcular, é recomendado estabelecer 25% de sobra da potência em relação ao valor necessário, por vias de segurança (DCML, 2011).

2.5 INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS A REDE ELÉTRICA

A integração do sistema híbrido a rede elétrica é feita com base em várias análises. A primeira delas, já apresentada nas seções anteriores, é a definição da classe categórica da comunidade, ou seja, se a mesma é um atendimento de nova geração distribuída, atendimento em rede já existente e de que tipo seria: microgeração ou minigeração.

Com base nos aspectos regulatórios para implantação de sistemas de geração distribuída, o sistema apresentado neste trabalho se enquadra sendo um sistema híbrido resultando das fontes solar, biomassa e diesel, caracterizado como um ANGD-MR, bem como

um microsistema isolado de geração e distribuição de energia elétrica (MIGDI), com potência de geração instalada total menor ou igual a 75kW.

Portando da tabela de carga, se define qual o modelo de fornecimento da comunidade, para então começar a análise da topologia de rede. A tabela 8 apresentada abaixo demonstra a especificação de uma minirrede de baixa-tensão, fornecimento adequado para a comunidade:

Tabela 8: Características dos sistemas com geração distribuída e minirrede.

Tópico	Especificação
Abrangência do atendimento	Moradias, escola, bombeamento de poço artesiano, e beneficiamento da produção.
Aumento demanda	40% em cinco anos.
Características da Geração	Estrutura física capaz de operar de forma contínua com funcionamento automático, unidade de reserva, utilização de container marítimo como cabine destinada a evitar vazamentos para o ambiente e reduzir o ruído, geradores carenados também com a finalidade de reduzir o ruído, estocagem de combustível com capacidade para um ano nos locais de acesso intermitente, padronização da geração em 10, 20, 30, e 60 kVA.
Minirrede de baixa-tensão	Cabo isolado tipo Multiplex, postes de concreto ou de madeira, aquarriquara ou preciosa, de 9 metros, espaçamento padrão de 40 a 50 metros, nível de tensão em 380/220 volts, padrão de entrada de energia com medição para todos os consumidores, e instalação residencial interna conforme o PLp

Fonte: (DI LASCIO, 2005)

Em concordância com a tabela acima, definimos o tipo de poste e a distância entre os mesmo a serem distribuídos na comunidade. Para um melhor resultado, a análise da distribuição dos postes foi feita com base na extensão da comunidade e na quantidade de unidades consumidora (UC). As figuras 13 e 14 abaixo, são capazes de nos mostrar a localização da comunidade e dar uma extensão territorial da mesma.

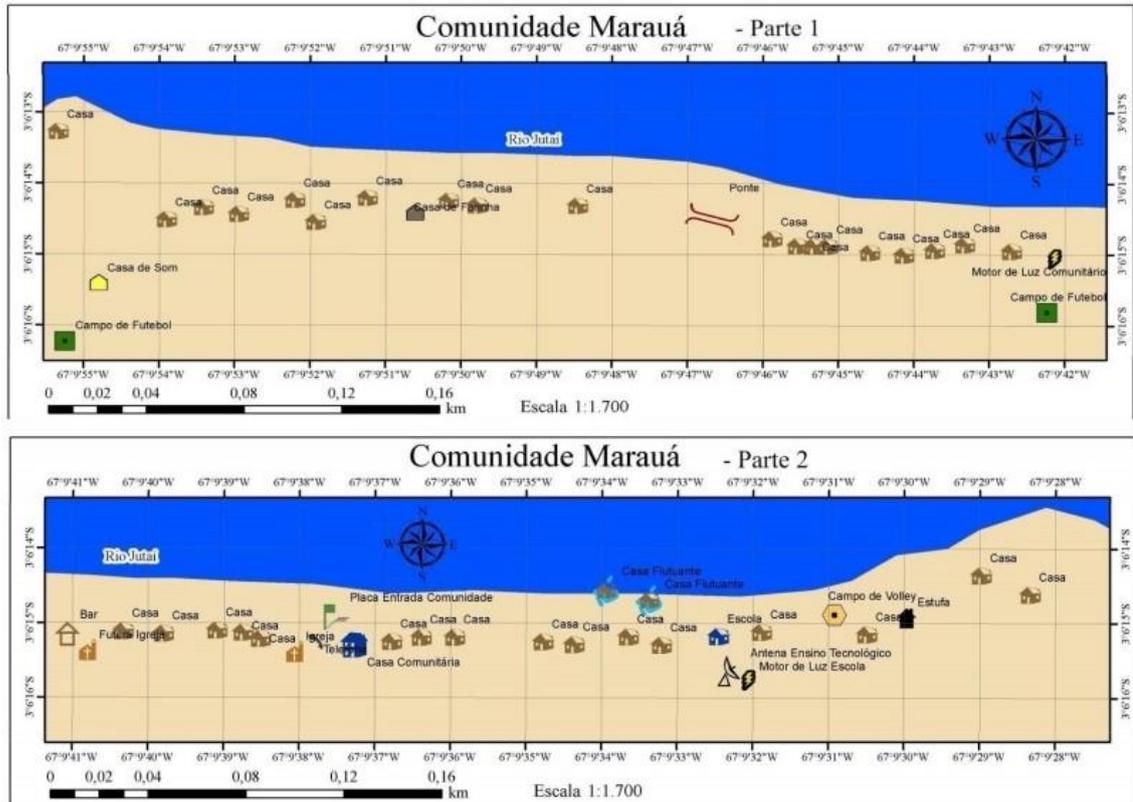
Figura 13: Localização da Comunidade Marauá.



Fonte: (GoogleMyMaps, 2019).

Esse tipo de comunidade quase não aparece nas imagens de satélite, e, igualmente, é pouco visível a partir de sobrevoos, mesmo quando efetuados a baixa altura.

Figura 14: Distribuição das UC's na comunidade Marauá.



Fonte: (HIGUCHI et al., 2011).

Portando então da localização da comunidade, sua extensão e tabela de carga é possível elaborar um diagrama de barras, o mesmo será demonstrado na seção de resultados.

A distribuição dos postes nos deu então parâmetros de distância entre as UC's e considerando o consumo das mesmas, foi possível a simulação do fluxo de carga no *Matlab* do diagrama de barras, utilizando o programa *PSv3T*.

A principal função de um sistema de energia elétrica é a de fornecer as potências ativas e reativas, necessárias às diversas cargas a ele ligadas, onde as potências geradas fluem pela rede elétrica a fim de atender as cargas localizadas em determinadas barras. O estudo de fluxo de potência determina, essencialmente, o módulo e ângulo da tensão de cada barra do sistema e as potências ativa e reativa que circulam nas linhas de transmissão. Outras grandezas podem ser obtidas, tais como: correntes nas linhas; potências a serem geradas e divididas entre geradores; perdas nas linhas. A partir desse estudo pode-se verificar problemas de tensão, sobrecargas, etc (ELGERD, 1981).

Os condutores foram calculados com base nas normativas da concessionária, MN-003 – Instalações Redes de Distribuição BT Isolada, e em concordância com a tabela 8.

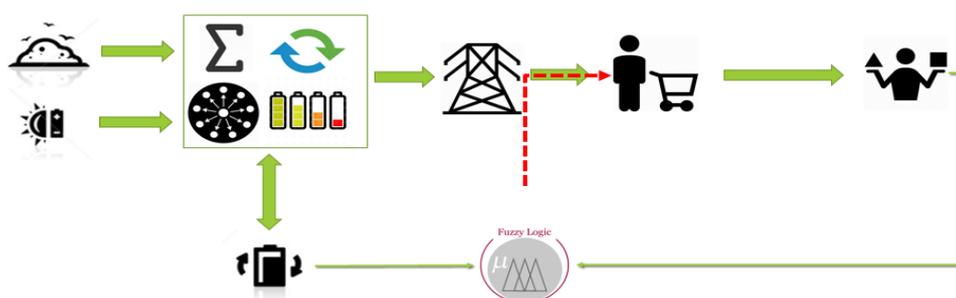
2.6 ANÁLISE DA MICROGRID

Sendo o design da automação integrada baseado em um modelo distribuído, utilizando as energias renováveis aplicadas a região: Biomassa (utilizando da decomposição um biodigestor, a partir da biomassa sólida) e fotovoltaica. O modelo trabalhado consta de:

- Bloco Geradores (Biomassa e Fotovoltaico);
- Bloco Conversor e Distribuidor;
- Banco de Baterias
- Consumidores
- Controlador

A figura 15, representa um desenho esquemático do funcionamento da *Microgrid* apresentada, considerando todos os seus processos já citados:

Figura 15: Esquemático do processo de Geração de Energia de uma *Microgrid*.



Fonte: Própria.

A MSG, utilizando as formas de energias citadas, soma as potências produzidas pelos geradores e as converte em tensão AC para enviar aos consumidores. Também recebe a corrente consumida total e verifica se a potência demandada é atendida ou excede a produzida. Através disso é feito a carga e a descarga do Banco de Baterias.

2.6.1 Bloco biodigestor e bloco fotovoltaico

Os blocos geradores de biomassa e fotovoltaico receberão parâmetros para os corretos cálculos de potência, em watts (W), das gerações. Tais parâmetros serão desenvolvidos de acordo com o correto dimensionamento de cada sistema de geração.

2.6.2 Bloco conversor e distribuidor

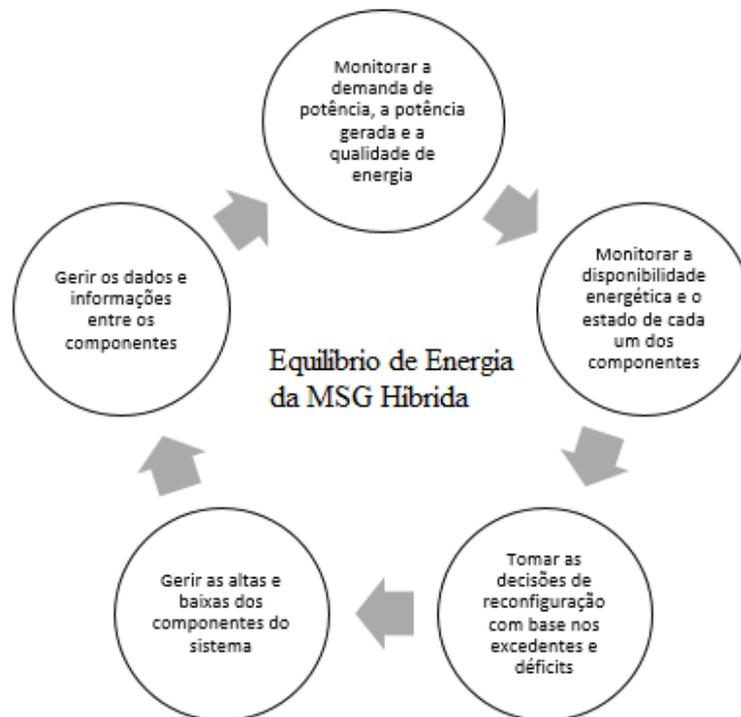
O bloco conversor realiza a soma das duas potências produzidas pelos geradores e as converte em tensão AC para enviar aos consumidores. Bem como o bloco distribuidor, junto a ele, também recebe a corrente consumida total e verifica se a potência demandada é atendida ou excede a produzida. Através disso é feito a carga e a descarga do Banco de Baterias.

2.6.3 Controlador

O objetivo do controle é gerenciar o comportamento de um sistema alterando uma ou mais entradas do sistema de acordo com uma regra ou um conjunto de regras que modelam o comportamento do sistema durante a operação.

Neste campo de integração das fontes renováveis, computação e comunicação tem-se destacado o uso de Sistemas Multiagentes Inteligentes (SMA) (BRENNAN, 2007), que permitem a coordenação eficiente das atividades dos diferentes sistemas de controle local e supervisão geral e são uma alternativa viável para zonas isoladas onde o próprio sistema tem que ser autossustentável. A figura 16 apresenta um diagrama com os objetivos gerais do SMA na MSG em desenvolvimento.

Figura 16: Diagrama dos objetivos do SMA para geração de energia na MSG.



Fonte: Própria.

Outra opção para o controle das gerações na MSG é a utilização da lógica *fuzzy*, utilizando o programa *Matlab* com as suas várias caixas de ferramentas computacionais. Os comandos e funções disponíveis por esta caixa de ferramenta são integrados e podem ser implementadas no ambiente do *simulink* do *Matlab*.

Para o sistema híbrido apresentado neste trabalho, o controle ocorrerá da seguinte maneira: Durante o dia o subsistema de geração fotovoltaica alimenta diretamente a carga da vila, alimentando a rede através do inversor. Quando a geração de energia do arranjo fotovoltaico é superior a carga, este passa a carregar também o banco de baterias. À noite, ou

durante um dia nublado ou chuvoso, o banco de baterias alimenta a vila até que chegue a descarregar 60 % de sua capacidade (profundidade de descarga máxima de 40 % para aumentar o tempo de vida útil das baterias), quando então é acionado o grupo gerador de biomassa o qual opera em sua potência nominal até que o sistema de armazenamento de energia volte a estar carregado. Em caso de falhas ou o suprimento de energia solar e biomassa não seja suficiente para abater o consumo, o gerador a diesel é acionado.

Para as condições das comunidades isoladas é necessário que se consiga resolver o problema de um hardware de computação mínimo, de alta confiabilidade e fácil manutenção. Portanto o desenvolvimento de testes experimentais com tecnologias de baixo custo precisa ser realizado para definir a melhor solução para nossa região

Logo definida a estratégia de controle, se deve trabalhar em um suporte de *hardware* de baixo custo, boa confiabilidade e fácil manutenção que permita trabalhar nas condições dessas comunidades segundo os equipamentos de geração, transmissão e distribuição requeridos.

2.6.4 Banco de Baterias

O bloco Banco de Baterias realiza a carga e a descarga da Bateria por meio da corrente fornecida. A lógica utilizada neste bloco é simples: se a corrente da bateria (I_{BAT}) for positiva o Banco de Baterias está carregando e se for negativa, o mesmo está descarregando.

2.6.5 Consumidor

O consumidor em questão será a Comunidade Marauá. A análise será feita com base na rede de distribuição da comunidade, tendo em vista um sistema híbrido, onde a MSG trabalhará em conjunto com a rede de distribuição local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados, foram elaboradas simulações da rede elétrica que atenderá a comunidade e simulações dos blocos geradores, começando então pela análise e levantamento de carga; distribuição dos postes e UC's pela comunidade; cálculo dos condutores da rede; elaboração do diagrama de barra para atender a comunidade; simulação do fluxo de carga em cada barra; e cálculo dos gerados. Para representar todos os resultados, foi elaborado um diagrama no *Matlab* representando o sistema da microgrid.

A melhor forma de demonstrar os lucros ao utilizarmos a geração por fontes renováveis é apresentando uma viabilidade econômica do projeto, também apresentada neste capítulo.

3.1 ANÁLISE E LEVANTAMENTO DE CARGA DA COMUNIDADE MARAUÁ

A tabela 5 já apresentada mostrou o levantamento de carga da comunidade, apresentando as possíveis cargas de cada equipamento das residências. Notamos que cada item da tabela representa uma UC e para cada UC será distribuído um poste da concessionária. Em resumo, a tabela 9 abaixo nos apresenta o resultado.

Tabela 9: Consumo total na Comunidade Marauá.

Comunidade	Consumo total (kWh/mês)
Marauá	139,6

Fonte: Própria.

3.2 DISTRIBUIÇÃO DOS POSTES E UC'S NA COMUNIDADE MARAUÁ

Pela característica da potência apresentada na tabela 5, temos um sistema MIGDI, com potência instalada de 34,9 kW. De acordo com as normas técnicas, a característica da rede será conforme apresentada na tabela 10:

Tabela 10: Características principais da rede de distribuição.

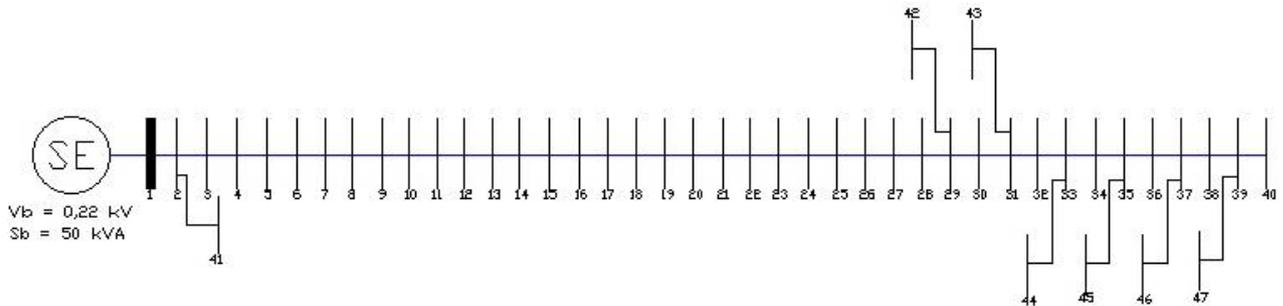
Características da Rede	
Tensão (V)	220/127 - 3F + N
Barras (unid)	47
Ramos (unid)	7
Geração (unid)	1
Carga	39 kW
Consumo	139600
Fp	0,92

Fonte: Própria.

A rede será trifásica, a 4 fios, sendo 3 fases e 1 neutro, com tensão de fornecimento na baixa tensão (BT) em 220 V/127 V (sem a necessidade de um transformador).

Os postes foram distribuídos na comunidade de acordo com as figuras 13 e 14. Com isso, se montou o diagrama de barras apresentado na figura 17. Cada barra representa um poste, ou seja, uma UC.

Figura 17: Diagrama de barras da rede de distribuição da comunidade Marauá.



Fonte: Própria.

A tabela 8 nos diz quais as características de uma mini rede de baixa tensão isolada. A mesma deve portar cabo isolado tipo Multiplex, postes de concreto ou de madeira, aquariquara ou preciosa, de 9 metros, espaçamento padrão de 40 a 50 metros, nível de tensão em 380/220 volts, padrão de entrada de energia com medição para todos os consumidores, e instalação residencial interna conforme o PLp. Para a nossa rede em questão utilizaremos cabo isolado tipo multiplex, em concordância com a norma, postes de concreto com seção circular e duplo T, com altura de 9m, (em alguns ramos), espaçamento padrão de 40 metros e nível de tensão 220/127V, conforme entrada de energia.

Para o dimensionamento dos cabos, consideramos a norma técnica da Amazonas Energia - MN-003 – Instalações Redes de Distribuição BT Isolada e como referência o catálogo da Nexans, Cabos Quadruplex (representando 3F+N) apresentado na tabela 11.

Tabela 11: Características do Cabo Quadruplex Alumínio XLPE 0,6/1kV.

Cabo Quadruplex Alumínio XLPE 0,6/1 kV			
Bitola (mm²)	Resistencia (Ω/km)	Reatância Indutiva (Ω/km)	Ampacidade (A)
3x1x10 + 10	3,08	0,1062	44
3x1x16 + 16	1,91	0,1022	59
3x1x25 + 25	1,2	0,1004	80
3x1x35 + 35	0,868	0,0995	100
3x1x50+50	0,641	0,0959	122
3x1x70+70	0,443	0,0948	157
3x1x120+70	0,253	0,016	229

Fonte: (NEXANS, 2013).

Da tabela queda de tensão por unidade (U_{PU}), retirada da MN-003, verificamos que o Cabo Quadruplex: 3x1x120+70 Al XLPE 0,6/1 kV atende esta condição: $U_{PU} = 0,07 < 0,58$, utilizando também a equação 18.

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U_{pu} \times l \times I \times 100}{U} \quad (18)$$

Onde:

$\Delta U\%$ = Queda de tensão percentual

ΔU_{pu} = Queda de tensão por ampère e por km do cabo

l = Extensão da Comunidade, em km, obtida através do *Google Maps*, sendo 824m

I = corrente conduzida no cabo (A)

U = Tensão nominal da linha (V)

A rede secundária isolada utiliza cabos multiplexados, com condutores fase em alumínio isolado em polietileno reticulado (XLPE-90°C) 0,6/1 kV e condutor mensageiro (neutro) nu em alumínio-liga.

Com os parâmetros da rede calculados e seguindo a tabela 12 abaixo, através do programa *PSv3T*, no *Matlab*, foi simulado o fluxo de carga para uma rede com 47 barras.

Tabela 12: Parâmetros para simulação do fluxo de carga.

Parâmetros de Simulação	
Vbase (kV)	0,22
Sbase (MVA)	100
Zbase (Ω)	0,97
Ibase (A)	227,27
Dist. (km)	0,824
V_{pu}min	0,95

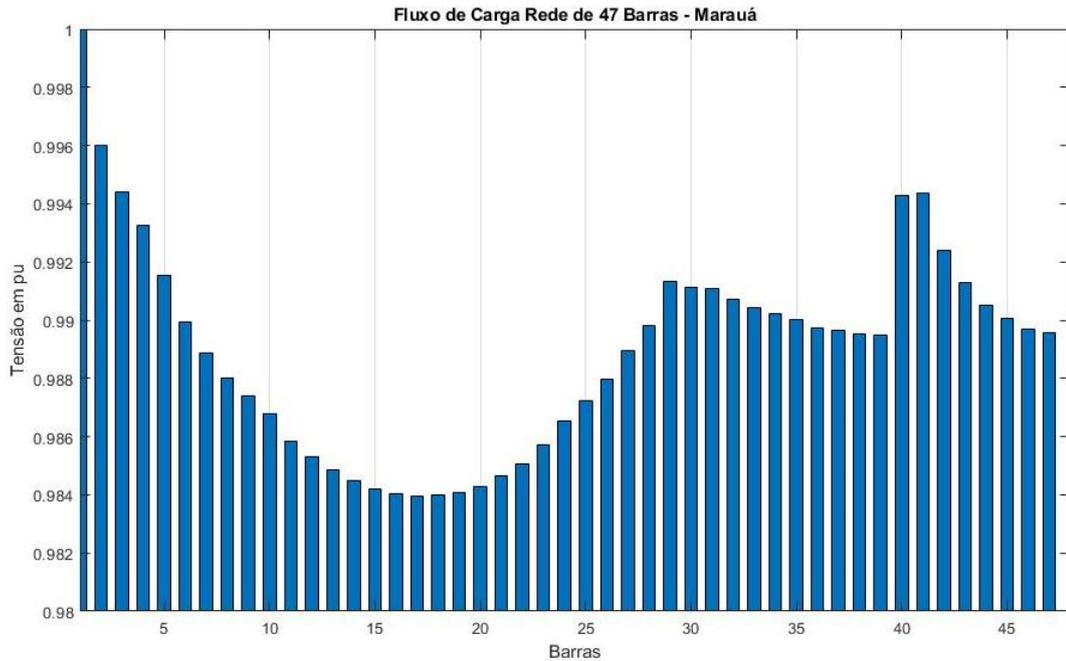
Fonte: Própria.

A análise do fluxo de carga tem como principais objetivos:

- Segurança, a simulação do fluxo de potência no SEE torna-se eficaz no sentido de se estimar eventuais violações nos limites de operação do mesmo, sendo possível assim detectar problemas futuros que possam causar a perda de transmissão de energia como a perda de estabilidade de partes do sistema elétrico e que possam causar o colapso do sistema.
- Planejamento e operação, atuando como uma poderosa ferramenta no processo de avaliação de novas configurações do sistema elétrico para atender o aumento da demanda dentro dos limites da segurança do sistema elétrico. Assim, também se procura configurações dos sistemas elétricos com as menores perdas de operação.

Na figura 18 mostra-se o perfil de tensão da microrrede, com o valor de tensão máximo na barra de carga 02 e o valor mínimo na barra 11, sendo $V_{\min} = 216,5 \text{ V}$ com desvio de 1,6 % em relação ao valor nominal. A perda total de potência ativa na microrrede foi de $P_{\text{REDE}} = 0,59 \text{ kW}$.

Figura 18: Fluxo de Carga par a Rede de 47 barras.



Fonte: Própria.

3.3 ANÁLISE DO GERADOR FOTOVOLTAICO

O dimensionamento do gerador fotovoltaico foi realizado com base nas equações apresentadas na metodologia e demonstrado na tabela 13.

Tabela 13: Resumo do Sistema Fotovoltaico.

Resumo do Sistema Fotovoltaico	
Potência do Sistema:	60,23kWp
Placas Solares:	330W Q Cells
Número de Placas:	183
Placas em série:	2
Placas em paralelo:	91
Baterias:	(48h), 180Ah, Lítio
Quantidade de Baterias:	60
Eficiência Bat.	85%
Baterias em série:	15
Quantidade de Banco de Bat.	4
Controlador de Carga	13 Controladores, 85 A
Inversores Victron, Eficiência 95%	12 Inversores - Victron, 5000VA 3700 W a 40°C

Fonte: Própria.

Os equipamentos utilizados foram todos da *Victron* e os painéis utilizados foram da *Q-Cells*.

3.4 ANÁLISE DO GERADOR BIOMASSA.

Em concordância com os métodos e relações apresentadas no capítulo anterior, a análise do gerador biomassa para uma carga de 139,6 kWh (conforme consumo da comunidade já demonstrada anteriormente) é apresentada na tabela 14 e nas equações 19 e 20.

Analisando primeiramente o conjunto de uma caldeira-máquina a vapor, consideramos 15 Kg/h para cada 1kWh, temos:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kWh} &= 15 \text{ kg/h} \\ 139,6 \text{ kWh} &= X \text{ kg/h (Vapor)} \end{aligned} \quad (19)$$

O total de Kg/h_{VAPOR} necessária para dimensionamento inicial da caldeira será de 2094. Após a quantidade de massa para o vapor, se calcula a quantidade de biomassa necessária para o funcionamento e geração de energia necessária:

$$\begin{aligned} 1 \text{ kg/h(biomassa)} &= 4 \text{ kg/h(vapor)} \\ x \text{ kg/h(biomassa)} &= 2094 \text{ kg/h(vapor)} \end{aligned} \quad (20)$$

O total de Kg/h_{BIOMASSA} necessária para dimensionamento inicial da caldeira será de 523,5.

A RESEX possui disponível para diversos fins de serralheria 27 m³ (RESEX, 2019 pg. 96), dentre eles foram destacados os principais e utilizados como parâmetros para a geração: Castanheira, Marupá e Andiroba. Utilizando a equação 18 e valores de massa específica disponibilizados na tabela 7, temos a quantidade de biomassa gerada por ano de 82080 kg/ano.

A Planta então poderá ter a seguinte configuração:

- Caldeira com produção nominal de 3300 kg/h e pressão de 21 atm. Temperatura do vapor de saída de 80°C;
- Máquina com entrada de vapor a 21 atm e saída a pressão de 1 atm, temperatura de entrada do vapor 80°C, rotação 6.000 rpm; Redutor de velocidade, entrada de 6.000 rpm e saída para 1.180 rpm;
- Gerador 150 kW/220V/1180 rpm. Alternador Síncrono Trifásico, tipo industrial.
- Condensador com capacidade para condensar 2094kg de vapor a uma pressão de 1 atm e temperatura de 60°C. O calor a ser removido no condensador, admitindo que a temperatura do condensado seja de 60°C.

3.5 ANÁLISE DO GERADOR A DIESEL.

A tabela de carga (tabela 5) nos apresentou que a potência (W) da comunidade é de 34900, sendo então necessário um gerador de no mínimo 35 kVA em utilizações normais, sem considerar 25% de folga. Para o pico de partida, 139600 W, se forem iniciados simultaneamente, pode ser feito a partida isolado dos equipamentos.

Como em todos os casos é indicado que os geradores possuam a folga de 25%, calcula-se a potência do mesmo com base na equação 21.

$$P = 35 \times 125\% \quad (21)$$

A potência ideal para o gerador em utilização normal será de 44 kVA. O recomendado será da marca EMIT e seus dados estão dispostos na tabela 14.

Tabela 14: Dados do gerador de 44kVA da EMIT.

Dados Técnicos	Dados do Motor
Fase: Trifásico - 60 Hz	Tipo: 4 cilindros, vertical, refrigeração a água, 4 Tempos
Tensão: 127/220 v	Refrigeração: Radiador com água
Regulador de Tensão: AVR	Potência: 60 hp
Potência Nominal: 44 kVA - 110A - 220V Tri.	Cilindradas: 3610 cc
Potência Máxima: 48 kVA	Rotação do Motor: 1800 rpm
Fator Potência: 0.8 (cosφ)	Combustível: Diesel
Nível de Ruído: 75 dB a 7 m	Capacidade do Tanque: 75 L
Classe de Isolação do alternador: H	Sistema de Partida: Elétrica
Autonomia 50% de carga: ≤ 16 H	
Peso seco: 997kg - Dimensões: 231 x 85 x 123 cm (LxCxA)	

Fonte: (EMIT, 2013).

Ressalto, de suma importância, que o gerador a diesel será utilizado em casos emergenciais, para suprir a demanda quando os recursos renováveis não estiverem favoráveis, para fins de manter a geração de energia segura e viável na comunidade em todos os casos.

3.6 VIABILIDADE ECONÔMICA DAS FONTES RENOVÁVEIS.

Este capítulo apresenta a viabilidade econômica e a diferença das fontes renováveis no interior do Amazonas, pontuando questões importantes quase se trata da geração de energia. Entretanto, a questão da viabilidade econômica das fontes renováveis atendendo minirredes isoladas na Amazônia é uma questão complicada de ser apresentada porque ainda não há experiência de operação e de manutenção suficiente para todas as tecnologias com potencial de aproveitamento. Por outro lado, o valor do serviço aplicado ao consumidor não poderá ser diferente do valor estabelecido periodicamente pela Aneel para cada área de concessão,

tomando por base o reajuste Tarifário Anual, a Revisão Tarifária Periódica e a Revisão Tarifária Extraordinária.

3.6.1 Viabilidade Econômica da Energia Solar Fotovoltaica

A tecnologia solar fotovoltaica resolve em parte o problema da falta de energia elétrica nas regiões isoladas, mas a sua grande variabilidade e o custo elevado dos equipamentos impedem um uso mais intenso para atividades produtivas. Porém, vale pontuar que essa fonte fotovoltaica de pequena capacidade introduz a iluminação elétrica, a qual contribui positivamente porque melhora as condições da educação, vida social e dia-a-dia das pessoas da comunidade. Desse modo, o uso de painéis fotovoltaicos viabiliza algum conforto e melhora em parte a qualidade de vida dos habitantes, mas pouco contribui para incrementar o perfil da produção e da renda local.

Para um melhor resultado econômico deve-se considerar levantamentos sociais, além de econômicos, da população local, juntamente com a aplicação de técnicas de sensoriamento remoto, incluindo o uso de imagens de satélites ambientais, assim como observações meteorológicas contínuas e automáticas. O dimensionamento dos equipamentos instalados para uso dos moradores procurou minimizar os custos de manutenção e reposição, para facilitar a continuidade do atendimento pelos próprios usuários após o término do processo de implantação (DI LASCIO, 2009).

3.6.2 Viabilidade Econômica da Energia gerada por Biomassa

Na Amazônia, a biomassa é uma fonte de energia abundante e adequada sob os aspectos ambiental e econômico, com benefícios diretos para o social. Nesse contexto a geração de energia elétrica com biomassa nativa cria um vínculo entre o homem e o meio ambiente, com reflexos positivos para a conservação do mesmo.

Havendo disponibilidade suficiente de biomassa para dar sustentabilidade ao sistema de geração de energia elétrica, então a tecnologia de caldeiras e máquinas a vapor é a mais apropriada para ser utilizada em comunidades isoladas na Amazônia, desde que ela provoque a geração de postos de trabalho (DI LASCIO, 2009).

Para alcançar este objetivo é necessário agregar processos produtivos que integrem a participação das comunidades, e que sejam capazes de garantir o aumento da renda local. Por último, é de suma importância dispor do apoio de linhas de financiamentos. No caso desse tipo de geração de energia elétrica, a partir de caldeiras e máquinas a vapor, quando se deseja levar em conta os custos amazônicos, ocorre a mesma dificuldade para a obtenção de informações capazes de permitir uma avaliação econômica consistente.

3.7 ANÁLISE DE CUSTOS PARA GERAÇÃO

Tendo em vista a complexidade de uma análise econômica para um sistema de *Smartgrid* e *Microgrid*, nesta seção será apresentada uma estimativa de custo para cada geração, tomando como base a importância desta etapa para futuras implementações. Sendo assim, será realizada uma estimativa para a implementação dos geradores fotovoltaico, biomassa, diesel e para a implementação de uma rede de distribuição.

3.7.1 Análise de custo para um gerador fotovoltaico

Tomando como base o esquema do gerador já apresentado e os equipamentos utilizados, torna-se possível realizar o levantamento para instalação do gerador. A tabela 15, com os possíveis valores para os equipamentos, é apresentando abaixo:

Tabela 15: Estimativa de custos para o gerador fotovoltaico.

Sistema Fotovoltaico				
Equipamentos	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total	Moeda
Inversor <i>Victron Phoenix Inverters 5000VA</i>	18.590,00	12	224.080,00	Real (R\$)
Controlador de Carga - <i>SmartSolar</i> com ligação de parafuso ou MC4 PV MPPT 250/60 até MPPT 250/100	5.839,00	13	17.517,00	Real (R\$)
Bateria de íons de lítio – 24 V 180 Ah / 100 Ah e Lynx Ion + Shun	12.863,30	60	771.798,00	Real (R\$)
Painel Solar- Q Power LG-5 330W	761,89	183	139.426,00	Real (R\$)
Conj. Estruturas de Fixações para Solo	1.554,00	12	18.648,00	Real (R\$)
Conj. De cabos de Configuração para Ligação	608,00	12	7.296,00	Real (R\$)
Total:	40.216,00	-	1.178.765,00	Real (R\$)

Fonte: Própria.

O manual técnico dos equipamentos encontra-se em anexo (ficha 1, 2, 3 e 4), para um melhor acompanhamento dos seus dados.

A *Victron* possui um fornecedor padrão, diretamente de Paraná, a Aldo Componentes. Todos os geradores, *on-grid* e *off-grid* são revendidos por ele.

3.7.2 Análise de custo para um gerador biomassa

A conclusão quanto à viabilidade ou não de um empreendimento, em especial aos do tipo em estudo, que integram e interagem aspectos específicos e técnicos com implicações e repercussões econômicas, financeiras, sociais e ambientais intensas, não pode ser limitada apenas no seu contexto de dimensionamento da planta, execução e montagem das obras civis e

dos equipamentos. Os estudos de viabilidade devem aprofundar na análise de sustentabilidade do empreendimento (RENDEIRO et al., 2008).

Valores específicos para um conjunto máquina a vapor não são encontrados facilmente como o gerador fotovoltaico, porém, estudos e embasamentos ditam que o valor base de saída para um gerador deste poste é de R\$ 3.519.000, apresentado na tabela 16.

Tabela 16: Estimativa de custos para o gerador biomassa.

Sistema Biomassa				
Equipamentos	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total	Moeda
Gerador de Energia de Biomassa	3.519.000	1	3.519.000	Real (R\$)
Total:	3.519.000,00	-	3.519.000,00	Real (R\$)

Fonte: Própria.

3.7.3 Análise de custo para um gerador a diesel

Portando então de um gerador a diesel bem definido, através dos parâmetros apresentados no decorrer do trabalho, o custo para sua implementação baseia-se nos dados apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Estimativa de custos para o gerador a diesel.

Sistema Diesel				
Equipamentos	Valor Unitário	Quantidade	Valor Total	Moeda
Gerador de Energia a Diesel	46.994,47	1	46.994,47	Real (R\$)
Total:	46.994,47	-	46.994,47	Real (R\$)

Fonte: Própria.

O gerador utilizado é do fabricante EMIT e sua folha técnica encontra-se como anexo (ficha 5) neste trabalho.

3.7.4 Análise de custo para a implementação da rede de distribuição

Com base nas características de rede calculadas e definidas no trabalho, temos através do MLPT, valores fixos para a instalação de redes de distribuição isoladas. No mesmo planejamento efetuado para a Regional do Juruá, o investimento nas minirredes de baixa-tensão, seguindo o modelo de classificação apresentado, para os 180 vilarejos isolados indicou um custo médio de R\$ 4.600,00 por consumidor (Di Lascio, 2005a). Para a comunidade Marauá, portando de 47 unidades consumidoras, temos as características apresentadas na tabela 18.

Tabela 18: Estimativa de custo para implementação da minirrede.

Minirrede de Baixa Tensão				
Valor estimado por consumidor	Quantidade		Total	
4.600,00	47	-	216.200,00	Real (R\$)

Fonte: Própria

Mediante aos valores totais das gerações, apresentamos a estimativa de custos para a implementação dos blocos de geração e rede de distribuição, apresentados na tabela 19.

Tabela 19: Estimativa de custo total para a geração de energia com fontes renováveis.

Rede Elétrica de Distribuição		
Bloco Gerador/Rede	Valor	
Fotovoltaico	1.178.765,00	Real (R\$)
Biomassa	3.519.000,00	Real (R\$)
Diesel	46.994,47	Real (R\$)
Rede de Distribuição	216.200,00	Real (R\$)
Total	4.960.959,47	Real (R\$)

Fonte: Própria.

É de suma importância a ressaltar que tais valores apresentam uma estimativa para a geração de energia, uma microgrid, como já foi explicado, abrange várias áreas a serem estudadas e outros valores a serem estimados.

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Cabe então expressar que na Amazônia, a biomassa é uma fonte de energia abundante e adequada sob os aspectos ambiental e econômico, com benefícios diretos para o social, em contrapartida, a energia fotovoltaica traz alguns pontos negativos por se tratar de uma fonte de energia intermitente, sendo necessário o emprego de outro tipo de geração para manter a continuidade do fornecimento durante os períodos sazonais com radiação solar muito baixa.

A união das duas fontes renováveis, solar e biomassa, em um sistema híbrido traz a solução para os problemas providos da utilização do diesel em geradores, de forma única e sustentável. Do mesmo modo, ao deixar de transferir a escassa renda para a aquisição de combustível fóssil, e produzir a própria energia, ocorre um aumento substancial na disponibilidade local de recursos financeiros para compra de outros bens e serviços.

Através da energia consumida calculada de 139,6 kWh/mês, gerou-se a possibilidade de calcular os blocos geradores de fotovoltaico, resultando assim num sistema de 60,23kWp e um gerador a biomassa, provindo da extração dos recursos madeireiros disponibilizados legalmente (27m³) para diversos fins, caracterizado por um sistema caldeira-máquina a vapor de pequeno porte. O fluxo de carga neste trabalho nos garante a identificação de uma rede ótima; ao realizarmos a simulação no *Matlab* com os parâmetros de tensão e perfil de uma rede de baixa tensão, em 220V/127V, corrente de projeto e energia, identificamos os níveis de tensão nas 47 barras apresentadas, apresentados nas figuras 17 e 18, caracterizados com tensão mínima em 216,5 V, sendo resultado de rede com baixo desvio de 1,6% e uma perda na rede de 0,59kW, através da simulação e diagrama de barras identificamos a possibilidade da execução da rede.

Tendo em vista que trabalhar com fontes renováveis nos dá a possibilidade de não ter uma geração favorável ou estável em algum momento nublado ou escasso de recursos de biomassa, foi apresentado a geração híbrida o gerador a diesel, de caráter emergencial, com potência de 44kVA em concordância com a potência total instalada da comunidade (34,9kW) e garantindo ainda uma folga de 25%.

Assim, o presente trabalho comprovou a possibilidade de que qualquer tecnologia renovável de geração de energia pode ser utilizada tanto para atender as necessidades de conforto básico de uma família, como para fins produtivos, incluindo a exploração de produtos da Amazônia, desde que esteja dentro dos âmbitos sociais e ambientais, afim de que nenhuma área seja prejudicada.

O conteúdo a ser desenvolvido para que a *microgrid*, com relação a controle, seja real é vasto e existe um grande espaço de pesquisa que pode garantir a velocidade na obtenção dos

resultados certos. A escolha de tecnologias para atendimento de comunidades isoladas da Amazônia deve ser norteadas pelos atributos de simplicidade, robustez, confiabilidade, e baixo custo de operação e de manutenção. Sendo assim, sugere-se como trabalho futuro:

- Desenvolver o controle ideal para a microgrid utilizada, visando a melhor forma de aproveitamento das energias renováveis utilizadas para geração, de forma prática e inteligente.
- A implementação da *Microgrid*, juntamente com o controle, na plataforma do *simulink*, no Matlab, a fim de que se torne mais fácil o seu entendimento.
- Uma análise econômica, com ênfase na engenharia econômica, dotando de estudos e embasamentos na área, para um melhor resultado.
- Proposta para implementação física, junto a concessionária de energia, na comunidade Marauá.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A. I. 1998. **Levantamento Sócio-Econômico do Rio Jutai – AM. IBAMA – CNPT**, Relatório.
- AMAZONAS ENERGIA. **Instalações básicas de redes de distribuição BT isolada – MN-03**. Disponível em: < <http://www.roraimaenergia.com.br/wp-content/uploads/2016/06/MN-Instala%C3%A7%C3%B5es-B%C3%A1sicas-de-Redes-de-Distribui%C3%A7%C3%A3o-BT-Isolada-003.pdf>>. Acesso em 4 nov 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa 482, de 17 de abril de 2012**. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 4 nov 2019.
- ANEEL. **Resolução Normativa N°493**. Brasília: 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012493.pdf>>. Acesso em: 4 Nov 2019.
- BASTOS, Cibele Lopes. **Uso e Manejo de Roça pelos Moradores de Três Comunidades da Reserva Extrativista do Rio Jutai - Am**. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Biologia, Pós Graduação, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, 2007. Disponível em: <<https://bdtd.inpa.gov.br/handle/tede/1793>>. Acesso em: 08 maio 2019.
- BARRETO, Eduardo José Fagundes et al. **“Tecnologias de Energias Renováveis Soluções Energéticas para a Amazônia”**. Ministério das Minas e Energia, 1ª Edição, 2008.
- BARBOSA dos Santos, L. **SMART GRID**. Monografia. Engenharia Elétrica. UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO, 2013, Brasil.
- BRENNAN, R. Toward. **Real-Time Distributed Intelligent Control: A Survey of Research Themes and Applications**. *IEEE Transactions on Systems, Man, And Cybernetics Part C: Applications And Reviews*, VOL. 37, NO. 5, September 2007.
- CABRAL, Romulo Pereira. **Geração Fotovoltaica Aplicada Em Comunidades De Sistemas Isolados Na Amazônia**. ITEGAMJETIA Journal. Edição 1 - Março de 2015.
- CARTAXO, Elizabeth Ferreira. JANNUZZI, Gilberto De Martino. **Fornecimento de Serviço de Energia Elétrica para Comunidades Isoladas da Amazônia: Um Estudo de Caso**, 2002. Disponível em:< <http://www.fem.unicamp.br/>>. Acesso em 25/04/2019.
- DCML. **Como dimensionar geradores de energia elétrica de forma correta?** 2011. Disponível em: <<https://www.dcml.com.br/blog/como-dimensionar-geradores-de-energia-eletrica/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

DI LASCIO, Marco Alfredo di; BARRETO, Eduardo José Fagundes. **Energia e Desenvolvimento Sustentável para a Amazônia Rural Brasileira: Eletrificação de comunidades isoladas**. Brasília: Kaco Gráfica e Editora Ltda, 2009

ELECTROTOOLS. **Sistemas Fotovoltaicos Isolados**. Disponível em: <<http://www.electrotools.pt/site/index.php/en/servicos/2016-01-15-02-52-48/sistemas-fotovoltaicos-isolados>>. Acesso em: 08 maio 2019.

ELGERD, Olle Ingemar, 1981. **Introdução à teoria de sistemas de energia elétrica** [por] Olle I. Elgerd, tradutor: Ademaro Alberto Machado; revisão técnica: Paulo Cavalcanti de Albuquerque, São Paulo.

EMIT. **Gerador de Energia E44DS-ET**. 2013. Disponível em: <<http://www.emitequipamentos.com.br/images/Manuais/Novos-Big-Geradores/folder-gerador-44.pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2019

ENERGY, Show. **Biomassa**. Disponível em: <<http://showenergy.com.br/biomassa/>>. Acesso em: 05 abr. 2019

FIGUEIREDO, Carlos Alberto; CARTAXO, Elizabeth Ferreira; PERES DA SILVA, Ennio. **Indicadores do Mercado de Energia Elétrica no Estado do Amazonas**. 2002.

GONÇALVES, Cláudio; RAMOS, Marcello. **Dimensionamento de Microssistema de Geração Fotovoltaica Para Suprimento de Comunidade Isolada na Amazônia Com Base na Resolução 493/2012 – ANEEL**, 2016. X CBPE Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Setembro, 2016.

HIGUCHI, Maria Inês Gasparetto et al. **VIDA SOCIAL DAS COMUNIDADES DA RESEX DO RIO JUTAI E USO DOS RECURSOS FLORESTAIS**. Manaus: Projeto Cadaf, 2011.

MACEDO, Wilson Negrão. **Análise do fator de dimensionamento do inversor (FDI) aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR)**. 2006. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Energia, Pipge, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

MACIL, Livia; PINA, Israel Francisco. **Proposal of Smart Grids in communities of Amazonas State**. ITEGAM-JETIA Vol.01. Junho, 2015.

MIPMEA. **Modelo de Integração dos Produtores de Madeira do Estado do Amazonas**. 2006. Disponível em: <<http://repositorioamazonia.ibict.br/handle/1/266>>. Acesso em: 08 maio 2019

NEXANS. **Alumínio - Condutores Isolados e Cobertos**. Rio de Janeiro: Voltimum, 2013.

PINHO, João Tavares (Org.); GALDINO, Marco Antônio (Org.). **Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

RENDEIRO, Gonçalo et al. **Combustão e gasificação de biomassa sólida: Soluções Energéticas para a Amazônia**. Brasília: Cdd, 2004. 192 p.

RESEX, Reserva Extrativista do Rio Jutuí. **Plano de Manejo da Reserva Extrativista do Rio Jutuí**. Tefé: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Icmbio, 2012. 245 p. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/Plano_de_Manejo_da_Resex_do_Rio_Juta%C3%AD_-_Vers%C3%A3o_Final_-_19-10-2012_impress%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 08 maio 2019.

SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues. **Energias Alternativas: Desafios e Possibilidades para a Amazônia**. T&C Amazônia; 2003; Editora FUCAPI; 1; 1; ; 74; 80; Português; 1678-3824; Impresso.

SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues; SARAIVA DOS SANTOS, Eyde Cristianne. **Incentivos ao Uso de Biomassa para Geração de Eletricidade na Amazônia**. III Congresso Brasileiro de Regulação dos Serviços Públicos Concedidos, promovido pela ABAR-Associação Brasileira de Agências de Regulação, 25 a 28 de maio de 2003, em Gramado/RS.

SOUZA, Rubem Cesar Rodrigues. **Energia Renovável e Eficiência Energética – Primeiro Produto**. ECOGERMA, 2014.

SILVA, Ivete Teixeira da; ALMEIDA, Arthur da Costa; MONTEIRO, José Humberto Araújo; OLIVEIRA DA SILVA, Isa Maria; PEREIRA DA ROCHA, Brígida Ramati. **Uso do caroço de açaí como possibilidade de desenvolvimento sustentável do meio rural, da agricultura familiar e de eletrificação rural no Estado do Pará**. An. 5. Enc. Energ. Meio Rural, 2011.

ANEXOS

● Ficha 1 – Folha/Manual Técnico do Inversor (Gerador Fotovoltaico)

Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (VDC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ±2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25°C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25°C (W)	1000	1300	1600	2400	4000
Cont. output power at 40°C (W)	900	1200	1450	2200	3700
Cont. output power at 65°C (W)	600	800	1000	1700	3000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94 / 94	92 / 94 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10 / 12	8 / 10 / 12	9 / 11	20 / 20 / 25	30 / 35
Zero load power in AES mode (W)	5 / 8 / 10	5 / 8 / 10	7 / 9	15 / 15 / 20	25 / 30
Zero load power in Search mode (W)	2 / 3 / 4	2 / 3 / 4	3 / 4	8 / 10 / 12	10 / 15
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +65°C (fan assisted cooling) Humidity (non-condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery-connection	battery cables of 1.5 meter included	M8 bolts	2+2 M8 bolts		
230 V AC-connection	G-ST18i plug	Spring-clamp	Screw terminals		
Weight (kg)	10	12	18	30	
Dimensions (hxwxhd in mm)	375x214x110	520x255x125	362x258x218	444x328x240	
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				
1) Can be adjusted to 60 Hz and to 240 V 2) Non-linear load, crest factor 3:1 3) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC under voltage or genset start/stop function. AC rating: 230 V / 4 A DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1A up to 60VDC	4) Protection key: a) output short circuit b) overload c) battery voltage too high d) battery voltage too low e) temperature too high f) 230 V AC on inverter output g) input voltage ripple too high				



Phoenix Inverter Control

This panel can also be used on a MultiPlus Inverter/Charger when an automatic transfer switch but no charger function is desired. The brightness of the LEDs is automatically reduced during night time.

Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX

Provides monitor and control. Locally, and also remotely on the [VRM Portal](#).



MK3-USB VE.Bus to USB interface

Connects to a USB port (see 'A guide to VEConfigure')



VE.Bus to NMEA 2000 interface

Connects the device to a NMEA 2000 marine electronics network. See the [NMEA 2000 & MFD integration guide](#)



BMV-700 Battery Monitor

The BMV-700 Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV-700 selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go. The monitor also stores a host of data regarding performance and use of the battery.

Several models available (see battery monitor documentation).

• **Ficha 2 – Folha/Manual Técnico do Controlador de Carga (Gerador Fotovoltaico)**

Controladores de Carga SmartSolar	250/60	250/70	250/85	250/100
Tensão da bateria	Seleção Automática de 12 V / 24 V / 48 V (<i>software</i> necessário para selecionar 36 V)			
Corrente de carga nominal	60A	70A	85A	100A
Potência PV nominal, 12 V 1a,b)	860W	1000W	1200W	1450W
Potência PV nominal, 24 V 1a,b)	1720W	2000W	2400W	2900W
Potência PV nominal, 36 V 1a,b)	2580W	3000W	3600W	4350W
Potência PV nominal, 48V 1a,b)	3440W	4000W	4900W	5800W
Máx. PV corrente de curto-circuito 2)	35 A (máx. 30 A por conector MC4)		70 A (máx. 30 A por conector MC4)	
Tensão de circuito aberto PV máxima	250 V máximo absoluto em condições de frio 245 V máximo de arranque e funcionamento			
Eficiência máxima	99 %			
Autoconsumo	Menos de 35 mA @ 12 V / 20 mA @ 48 V			
Tensão de carga em absorção	Configuração por defeito: 14,4 V / 28,8 V / 43,2 V / 57,6 V (regulável com: botão rotativo, ecrã, VE.Direct ou <i>bluetooth</i>)			
Tensão de carga em carga lenta	Configuração por defeito 13,8 V / 27,6 V / 41,4 V / 55,2 V (regulável com: botão rotativo, ecrã, VE.Direct ou <i>bluetooth</i>)			
Tensão de carga de equalização	Configuração por defeito: 16,2 V / 32,4 V / 48,6 V / 64,8 V (regulável)			
Algoritmo de carga	adaptativo multifase (oito algoritmos pré-programadas) ou algoritmo definido pelo utilizador			
Compensação da temperatura	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C			
Proteção	Polaridade invertida da bateria (fusível, não acessível para o utilizador) Polaridade invertida PV / Curto-circuito de saída / Temperatura excessiva			
Temperatura de funcionamento	-30 °C a +60 °C (saída nominal completa até 40 °C)			
Humidade	95 %, sem condensação			
Altitude máxima	5000 m (saída nominal completa de 2000 m)			
Condição ambiental	Interior, não condicional			
Grau de contaminação	PD3			
Porta de comunicação de dados	VE.Direct ou Bluetooth			
On/Off Remoto	Sim (conector de dois polos)			
Relé programável	DPST	Capacidade nominal CA: 240 VCA / 4 A	Capacidade nominal CC: 4 A até 35 VCC, 1 A até 60 VCC	
Funcionamento em paralelo	Sim			
CAIXA				
Cor	Azul (RAL 5012)			
Terminais PV 3)	35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Dois pares de conectores MC4 (modelos MC4)		35 mm ² / AWG2 (modelos Tr) Três pares de conectores MC4 (modelos MC4)	
Terminais de bateria	35 mm ² / AWG2			
Classe de proteção	IP43 (componentes eletrónicos), IP22 (área de ligação)			
Peso	3 kg		4,5 kg	
Dimensões (a x l x p) em mm	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 Modelos MC4: 215 x 250 x 95		Modelos Tr: 216 x 295 x 103 Modelos MC4: 246 x 295 x 103	
NORMAS				
Segurança	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2			
1a) Em caso de ligação de mais energia PV, o controlador vai limitar a energia de entrada.				
1b) A tensão PV deve ultrapassar a Vbat em + 5 V para que o controlador arranque. Portanto, a tensão mínima PV é Vbat + 1 V.				
2) Uma série PV com uma corrente de curto-circuito superior pode danificar o controlador.				
3) Modelos MC4: são necessários vários pares divisores para instalar em paralelo as cadeias de painéis solares.				
Corrente máxima por conector MC4: 30A (30 A (os conectores MC4 são ligados em paralelo a um seguidor MPPT)				

- Ficha 3 – Folha/Manual Técnico da Bateria de Lítio (Gerador Fotovoltaico)



Especificações da bateria de íões de lítio

	Bateria de íões de lítio de 24 V 100 Ah 2,6 kWh	Bateria de íões de lítio de 24 V 180 Ah 4,75 kWh
Tecnologia	Fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)	Fosfato de ferro-lítio (LiFePO4)
Tensão nominal	25,6 V	25,6 V
Capacidade nominal	100 Ah	180 Ah
Potência nominal	2,6 kWh	4,75 kWh
Peso	30 kg	55 kg
Relação Potência/Peso	86 Wh/kg	86 Wh/kg
Dimensões (cxlxa)	592 mm x 154 mm x 278 mm	623 mm x 193 mm x 351 mm
Carga/Descarga		
Tensão de corte de carga em 0,05 C	28,8 V	28,8 V
Tensão de corte de descarga	20 V	20 V
Corrente de carga/descarga recomendada	30 A (0,3 C)	54 A (0,3 C)
Corrente de carga máxima (1 C)	100 A	180 A
Corrente de descarga máxima (1,5 C)	150 A	270 A
Corrente de descarga pulso (10 s)	500 A	1000 A
Vida de Ciclo @80 % DoD (0,3 C)	3000	3000
Configuração		
Configuração em série	Sim, até 2 (mais em série a pedido)	Sim, até 2 (mais em série a pedido)
Configuração em paralelo	Sim, fácil até 10 (mais em paralelo a pedido)	Sim, fácil até 10 (mais em paralelo a pedido)
Ambiente		
Temperatura de funcionamento: carga	0 °C ~ 45 °C	0 °C ~ 45 °C
Temperatura de funcionamento: descarga	-20 °C ~ 55 °C	-20 °C ~ 55 °C
Temperatura de armazenagem	-20 °C ~ 45 °C	-20 °C ~ 45 °C
Normas		
EMC: Emissão	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	

Especificações de Lynx Ion + Shunt

Lynx Ion + Shunt	350 A	600 A
Número máximo de baterias em série	2 (= 48 VCC)	
Número máximo de baterias em paralelo	48	
Intervalo da tensão de alimentação	9 VCC a 60 VCC	
Modo de espera	73 mW @ 26,2 V e 138 mW @ 52,4 V	
Modo ativo	8,7 W	
Contactora de segurança principal	350 A	600 A
Caixa		
Material	ABS	
Peso	2,0 kg	
Dimensões (cxlxa)	185 mm x 165 mm x 85 mm	
ES		
Saída Aux.	5 A (tensão de saída = tensão da bateria), Proteção de curto-circuito	
Contactora de segurança externo	5 A (tensão de saída = tensão da bateria), Proteção de curto-circuito	
Autorização de carga	1 A @ 60 VCC, sem potencial	
Autorização de descarga	1 A @ 60 VCC, sem potencial	
Sinal de estado externo	12V / 140 mA	
Ambiente		
Temperatura de funcionamento	-20 °C a 50 °C	
Humidade	Máx. de 95 % (sem condensação)	
Classe de proteção	IP22	IP20
Normas		
EMC: Emissão	EN-IEC 61000-6-3:2007/A1:2011/C11:2012	
EMC: Imunidade	EN-IEC 61000-6-1:2007	
Diretiva de baixa tensão	EN 60335-1:2012/AC:2014	
RoHS	EN 50581:2012	

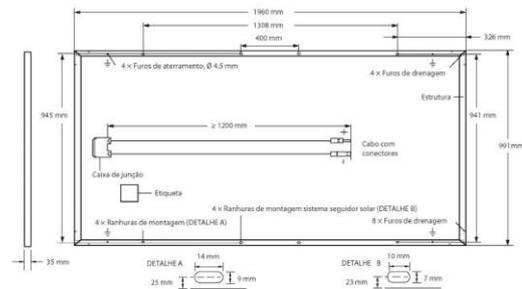
• **Ficha 4 – Folha/Manual Técnico do Painel Solar (Gerador Fotovoltaico)**

Engineered in Germany

Q CELLS

ESPECIFICAÇÃO MECÂNICA

Formato	1960 mm × 991 mm × 35 mm (estrutura incluída)
Peso	22,5 kg ± 5 %
Cobertura frontal	Vidro temperado 3,2 mm com tecnologia antirreflexo
Cobertura traseira	Chapa multicamada composta
Estrutura	Alumínio anodizado
Célula	6 × 12 células fotovoltaicas poli cristalinas
Caixa de junção	Classe de proteção IP67 ou IP68, com diodos by-pass
Cabo	Cabo fotovoltaico 4 mm ² ; (+) ≥ 1200 mm, (-) ≥ 1200 mm
Conector	Conector acoplável com H4, MC4

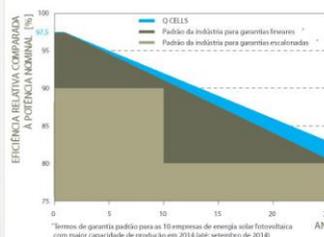


CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

CLASSE DE POTÊNCIA		315	320	325	330	335	
DESEMPENHO MÍNIMO SOB CONDIÇÕES PADRÃO DE TESTE (STC; TOLERÂNCIA DE POTÊNCIA +5W / -0 W)							
Mínima	Potência no ponto máximo de potência MPP	P_{MPP} [W]	315	320	325	330	335
	Corrente de Curto Circuito*	I_{SC} [A]	9,11	9,15	9,20	9,30	9,40
	Tensão em Circuito Aberto*	V_{OC} [V]	45,7	45,8	46,0	46,1	46,3
	Corrente no ponto máximo de potência MPP*	I_{MPP} [A]	8,50	8,61	8,67	8,76	8,87
	Tensão no ponto máximo de potência MPP*	V_{MPP} [V]	37,1	37,2	37,5	37,7	37,8
	Eficiência ²	η [%]	≥ 16,2	≥ 16,4	≥ 16,7	≥ 16,9	≥ 17,2
DESEMPENHO MÍNIMO EM CONDIÇÕES NORMAIS DE OPERAÇÃO NOC							
Mínima	Potência no ponto máximo de potência MPP	P_{MPP} [W]	232	235	239	243	247
	Corrente de Curto Circuito*	I_{SC} [A]	7,37	7,40	7,44	7,52	7,60
	Tensão em Circuito Aberto*	V_{OC} [V]	42,9	43,0	43,1	43,2	43,4
	Corrente no ponto máximo de potência MPP*	I_{MPP} [A]	6,79	6,88	6,93	7,00	7,09
	Tensão no ponto máximo de potência MPP*	V_{MPP} [V]	34,1	34,2	34,5	34,7	34,8

¹ 1000 W/m², 25 °C, espectro AM 1, G ² Tolerâncias de Medição STC ± 3%; NOC ± 5 % ³ 800 W/m², NOCT, espectro AM 1, G * valores típicos, valores reais podem divergir

GARANTIA DE DESEMPENHO Q CELLS

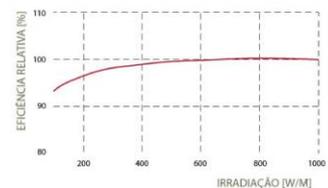


Mínimo de 97,5 % de potência nominal durante o primeiro ano. Após este período, no máx. 0,7 % de degradação por ano. Mínimo de 91,2 % de potência nominal por até 10 anos. Mínimo de 82,0 % de potência nominal por até 25 anos.

Todos os dados possuem tolerâncias de medição. Garantias totais conforme os termos de garantia do departamento de vendas da Q CELLS do seu respectivo país.

*Termos de garantia padrão para as 10 empresas de energia solar fotovoltaica com maior capacidade de produção em 2014 (até setembro de 2014).

DESEMPENHO COM BAIXA IRRADIAÇÃO



Desempenho típico do módulo sob condições de baixa irradiação em comparação com as condições padrão de teste STC (25 °C, 1000 W/m²).

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

Coefficiente de temperatura de I_{SC}	α [% / K]	+0,05	Coefficiente de temperatura de V_{OC}	β [% / K]	-0,31
Coefficiente de temperatura de P_{MPP}	γ [% / K]	-0,40	Temperatura Normal de Operação da Célula	NOCT [°C]	45 ± 3

PROPRIEDADES PARA PROJETO DO SISTEMA

Tensão Máxima do Sistema	V_{SYS} [V]	1000 (IEC), 1500 (IEC)	Classe de Segurança	II
Corrente Inversa Máxima	I_R [A]	20	Classe de Resistência ao Fogo	C
Carga de compressão/tracção (Carga de teste conforme a norma IEC 61215)	[Pa]	5400 /2400	Temperatura Admissível para o Módulo em Operação Contínua	-40 °C até +85 °C

QUALIFICAÇÕES E CERTIFICADOS

IEC 61215, IEC 61730 de acordo com Marcação de Conformidade CE, Aplicação Classe A



PARCEIROS

OBSERVAÇÃO: As instruções de instalação devem ser rigorosamente cumpridas. Consulte o manual de instalação e de operação ou entre em contato com nosso departamento de assistência técnica para maiores informações sobre a instalação autorizada e utilização deste produto.

- **Ficha 5 – Folha/Manual Técnico do Gerador a Diesel (Gerador Fotovoltaico)**

EMIT
feitos para durar

Baixo ruído de funcionamento

Estrutura cabinada e silenciada incorporada ao isolamento de forros limitando o ruído;

Motor 60HP

4 cilindros, refrigerado a água, 4 Tempos, vertical



Painel de controle com display em português

Mais facilidade e segurança na operação;

**GERADOR DE ENERGIA
E44DS-ET**



GERADORES

Big Gerador de Energia à Diesel EMIT E44DS-ET, possui um Design único e compacto, equipado com um painel de controle digital em português e portas de fácil acesso ao Motor diesel 4cilindros de 60Hp com refrigeração a água. O Big Gerador EMIT E44DS-ET, fornece potência de 44kva com baixo consumo de combustível.

Aplicações: Indústria, construção, hospitais, edifícios e eventos.

Dados Técnicos	Dados do Motor
Fase: Trifásico	Tipo: 4 cilindros, vertical, 4 Tempos
Tensão: 127/220 v	Refrigeração: Radiador com água
Regulador de Tensão: AVR	Potência: 60Hp - 3610 cc
Potência Nominal: 44 kva	Sistema de Partida: Elétrica
Potência Máxima: 48 kva	Combustível: Diesel
Fator Potência: 0.8 (cosφ)	Capacidade do Tanque: 75 L
Classe de Isolação do alternador: H	
Autonomia nominal: ≤ 16 H	
Peso seco: 997kg - Dimensões: 231 x 85 x 123 cm (LxCxA)	

Mais informações ou orçamentos:

CONTATE-NOS

11. 4168-5797

emit@emitequipamentos.com.br

www.emitequipamentos.com.br