

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ - UNIFAP
ANDRÉ LUCAS DE LUNA SANTOS

**SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA APOIO À AÇÕES SOCIAIS**

Macapá - AP

2017

ANDRÉ LUCAS DE LUNA SANTOS

**SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA APOIO À AÇÕES SOCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amapá como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração:
Energias Renováveis

Orientador:
Prof. Dr. Alaan Ubaíara Brito

Macapá - AP

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**“SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA
ELÉTRICA PARA APOIO À AÇÕES SOCIAIS”**

AUTOR: ANDRÉ LUCAS DE LUNA SANTOS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À BANCA EXAMINADORA
APROVADO PELO COLEGIADO DE ENGENHARIA ELÉTRICA, SENDO JULGADO
ADEQUADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA
ELÉTRICA.

APROVADO EM: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alaan Ubaiara Brito
(Orientador - UNIFAP)

Prof. Dr. Geraldo Neves de Albuquerque Maranhão
(Avaliador Interno - UNIFAP)

Prof. Me. Raphael Diego Comesanha e Silva
(Avaliador Interno - UNIFAP)

VISTO:

Prof. Me. Raphael Diego Comesanha e Silva
(Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica da UNIFAP)

Aos meus pais e irmãos que me incentivaram e apoiaram, cada um da sua maneira, me dando suporte para a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, porque Dele e por meio Dele, e para Ele, são todas as coisas.

Aos meus pais e irmãos, pelos ensinamentos e carinho, principalmente em momentos difíceis, sem os quais não sou capaz de conquistar nada.

Ao meu amor, pela compreensão, companheirismo e incentivo em momentos de desânimo.

Ao Professor Doutor Alaan Ubaiara, por dedicar seu tempo para a orientação deste trabalho.

Aos professores e técnicos do Colegiado de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Amapá, por todos os conhecimentos e orientações repassados durando o curso de Engenharia Elétrica, em especial ao Professor Doutor José Reinaldo Nery, pela minha iniciação à ciência.

À Universidade Federal do Amapá, pela estrutura e oportunidade da realização do curso de graduação em Engenharia Elétrica, projetos de iniciação científica e intercâmbios.

À todas as instituições que disponibilizaram tempo e representantes para contribuir com o presente trabalho.

*"Nem olhos viram, nem ouvidos
ouviram, nem jamais penetrou em
coração humano o que Deus tem
preparado para aqueles que o amam."*

(1 Coríntios 2:9)

RESUMO

A disponibilidade de energia elétrica é primordial para a realização de serviços que resultam na melhoria das condições básicas de vida. Desse modo, este trabalho objetivou projetar um sistema móvel de geração de energia elétrica através de geração fotovoltaica com o intuito de dar suporte à projetos e ações sociais realizados no estado do Amapá. O desenvolvimento de tal sistema foi possibilitado por informações oriundas da aplicação de questionários a instituições que realizam ações sociais, o que possibilitou o cálculo da demanda energética a ser suprida. Pelas diferenças existentes entre as demandas energéticas dos projetos sociais, foram propostos três sistemas, de 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia. A partir dessas informações foram dimensionados três sistemas de geração fotovoltaica através do Método Lorenzo e, posteriormente, foi realizada uma análise econômico-financeira para a determinação da praticabilidade dos sistemas. Os resultados alcançados neste trabalho apontam que os sistemas móveis de 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia têm custo mais baixo e são indicados para estruturas montadas em veículos, porém o sistema móvel de 30.000 Wh/dia é mais oneroso e indicado para transporte hidroviário por suas grandes dimensões e peso.

Palavras-chave: Ações Sociais. Energia Solar. Sistemas Móveis de Geração.

ABSTRACT

The availability of electricity is essential for the performance of services that result in the improvement of basic living conditions. This paper intended to design a mobile power generation system through photovoltaic generation with the purpose of supporting social projects and actions carried out in the state of Amapá. The development of such a system was made possible by information from the application of questionnaires to institutions that carry out social actions, which made it possible to calculate the power demand to be supplied. Due to the differences between the power demands of social projects, three systems were proposed: 5,000 Wh/day, 8,000 Wh/day e 30,000 Wh/day. From this information three photovoltaic generation systems were sized through the Lorenzo Method and, subsequently, an economic-financial analysis was carried out to determine the practicability of the systems. The results obtained in this paper show that 5,000 Wh/day and 8,000 Wh/day mobile systems are cheaper and feasible for vehicles, but the 30,000 Wh/day mobile system is more expensive and feasible for waterways due to its large dimensions and weight.

Keywords: Social Projects. Solar Energy. Mobile Generation Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Indivíduos com acesso à energia elétrica no Brasil e no Amapá nos anos 1991, 2000 e 2010.....	19
Figura 1.2 – Potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras	24
Figura 1.3 – Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo.....	26
Figura 1.4 – Diagrama unifilar de um sistema fotovoltaico autônomo.....	26
Figura 1.5 – Curva característica I-V de uma célula típica de silício em condições-padrão de ensaio.....	28
Figura 2.1 – Informações referentes aos tipos de instituições participantes.....	48
Figura 2.2 – Informações referentes às localidades atendidas.....	48
Figura 2.3 – Informações referentes aos atendimentos anuais das ações.....	49
Figura 2.4 – Informações referentes periodicidade das ações.....	49
Figura 3.1 – Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia.....	52
Figura 3.2 – Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia.....	54
Figura 3.3 – Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.....	56
Figura 3.4 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 5.000 Wh/dia e $LLP = 0,1$	61
Figura 3.5 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 5.000 Wh/dia e $LLP = 0,01$	64
Figura 3.6 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 8.000 Wh/dia e $LLP = 0,1$	70
Figura 3.7 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 8.000 Wh/dia e $LLP = 0,01$	71
Figura 3.8 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 30.000 Wh/dia e $LLP = 0,1$	76
Figura 3.9 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 30.000 Wh/dia e $LLP = 0,01$	76
Figura 3.10 – Diagrama para o sistema 5.000 Wh/dia.....	78
Figura 3.11 – Modelo para a estrutura a ser utilizada para os três sistemas.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – irradiação diária média em Macapá, AP.....	25
Quadro 1.2 – Tecnologias de células fotovoltaicas e suas eficiências	27
Quadro 1.3 – Baterias e suas especificações.....	29
Quadro 2.1 – Informações referentes às ações realizadas pelo SESC Amapá.....	39
Quadro 2.2 – Informações referentes às ações realizadas pela Igreja Evangélica Liberdade em Cristo.....	40
Quadro 2.3 – Informações referentes às ações realizadas pela Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá.....	41
Quadro 2.4 – Informações referentes às ações realizadas pelo SESI Amapá.....	42
Quadro 2.5 – Informações referentes às ações realizadas pelo SENAI Amapá.....	42
Quadro 2.6 – Informações referentes às ações realizadas pela Igreja Evangélica Quadrangular	44
Quadro 2.7 – Informações referentes às ações realizadas pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A.....	44
Quadro 2.8 – Informações referentes às ações realizadas pela M.A.R. – Missão de Apoio aos Ribeirinhos.....	45
Quadro 2.9 – Informações referentes às ações realizadas pela Companhia de Eletricidade do Amapá.....	46
Quadro 2.10 – Informações referentes às ações realizadas pela Federação Espírita do Amapá	47
Quadro 3.1 – Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia.....	51
Quadro 3.2 – Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia.....	53
Quadro 3.3 – Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.....	54
Quadro 3.4 – Especificações para o dimensionamento dos sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Indivíduos com acesso à energia elétrica no Amapá e em seus municípios nos anos 1991, 2000 e 2010.....	20
Tabela 3.1 – Resultados do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1	58
Tabela 3.2 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1.....	59
Tabela 3.3 – Especificações e preços dos componentes do sistema 5.000 Wh/dia.....	60
Tabela 3.4 – Número de componentes e CCV do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1	60
Tabela 3.5 – Resultados do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01	62
Tabela 3.6 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01.....	62
Tabela 3.7 – Número de componentes e CCV do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01	63
Tabela 3.8 – Resultados do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1	66
Tabela 3.9 – Resultados do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01	67
Tabela 3.10 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia	67
Tabela 3.11 – Especificações e preços dos componentes do sistema 8.000 Wh/dia.....	68
Tabela 3.12 – Número de componentes e CCV do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1	69
Tabela 3.13 – Número de componentes e CCV do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01	69
Tabela 3.14 – Resultados do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1.....	72

Tabela 3.15 – Resultados do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01.....	73
Tabela 3.16 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia.....	73
Tabela 3.17 – Número de componentes e CCV do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1.....	74
Tabela 3.18 – Número de componentes e CCV do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01.....	75
Tabela 3.19 – Resumo dos arranjos escolhidos para os sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.....	77

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
C_A	Capacidade do Conjunto de Módulos no Plano Inclinado
C_A'	Capacidade do Conjunto de Módulos no Plano Não Inclinado
CBI_{bat}	Capacidade da Bateria
CBI_{c20}	Capacidade do Banco de Baterias para Regime de Descarga em 20 Horas
CC	Corrente Contínua
CCV	Custo do Ciclo de Vida
CCVa	Custo do Ciclo de Vida Anualizado
CEA	Companhia de Eletricidade do Amapá
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito
C_S	Capacidade do Acumulador
C_U	Capacidade Útil das Baterias
FRC	Fator de Recuperação de Capital
F_S	Fator de Segurança
$G_d(0)$	Valor Médio Mensal da Radiação Solar Diária na Superfície Horizontal
G_{dm}	Valor Médio Mensal da Radiação Solar Diária na Superfície Inclinação
G_{REF}	Radiação Solar de Referência
HSP	Horas de Sol Pleno no Plano do Módulo Fotovoltaico
i	Taxa de Juros
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I_c	Corrente Máxima do Controlador de Carga
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
I_{MP}	Corrente Elétrica de Máxima Potência
I_{sc}	Corrente Elétrica de Curto-Circuito
k	Ano de Referência
L	Energia Ativa Necessária Diariamente
L_{ca}	Energia Ativa Necessária Diariamente em Corrente Alternada

L_{cc}	Energia Ativa Necessária Diariamente em Corrente Contínua
LLP	Loss of Load Probability – Probabilidade de Perda de Carga
M.A.R.	Missão de Apoio aos Ribeirinhos
n	Vida Útil do Projeto
P_d	Máxima Profundidade de Descarga da Bateria
$PD_{diária}$	Profundidade de Descarga Diária da Bateria
PIB	Produto Interno Bruto
P_m	Potência Necessária para o Gerador Fotovoltaico
P_m'	Potência do Módulo Fotovoltaico
P_{MP}	Potência Máxima
Q_M	Demanda Energética Diária Media
SESC	Serviço Social do Comércio
SESI	Serviço Social da Indústria
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
TIR	Taxa Interna de Retorno
V_{bat}	Tensão Nominal da Bateria
VF	Valor Futuro
V_{MP}	Tensão Elétrica de Máxima Potência do Módulo
V_{OC}	Tensão Elétrica de Circuito Aberto
VP	Valor Presente
V_{sis}	Tensão do Sistema
η_{bat}	Eficiência Global da Bateria
η_{inv}	Eficiência do Inversor

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
1.1 Energia Elétrica e Qualidade de Vida.....	18
1.2 Energia Solar Fotovoltaica.....	21
1.3 Dimensionamento de um Sistema Solar Fotovoltaico Autônomo	30
1.3.1 Método Lorenzo	30
1.4 Análise Econômico-financeira.....	34
2 MATERIAIS E MÉTODOS	37
2.1 Classificação do Trabalho	37
2.2 Etapas de Desenvolvimento	37
2.3 Ações e Projetos Sociais	38
2.3.1 SESC – Serviço Social do Comércio – Amapá	39
2.3.2 Liberdade em Cristo	40
2.3.3 Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá	40
2.3.4 SESI – Serviço Social da Indústria – Amapá	41
2.3.5 SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Amapá	42
2.3.6 Igreja do Evangelho Quadrangular	43
2.3.7 Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	44
2.3.8 M.A.R. – Missão de Apoio aos Ribeirinhos	45
2.3.9 CEA - Companhia de Eletricidade do Amapá	46
2.3.10 Federação Espírita do Amapá – Casa Chico Xavier.....	46
2.3.11 Informações Gerais Sobre as Instituições Entrevistadas.....	47
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
3.1 Cálculo da Demanda Energética das Ações Sociais.....	51
3.1.1 Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia	51
3.1.2 Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia.....	53
3.1.3 Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.....	54
3.2 Dimensionamento e Análise Econômico-Financeira dos Sistemas	
5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia	56
3.2.1 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 5.000 Wh/dia – LLP = 0,1.....	57

3.2.2 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 5.000 Wh/dia – LLP = 0,01.....	61
3.2.3 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 8.000 Wh/dia	65
3.2.4 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 30.000 Wh/dia	71
3.2.5 Considerações sobre o Dimensionamento Utilizando o Método Lorenzo para os Sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia	77
CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
APÊNDICE A – Questionário Sobre Ações Sociais no Amapá	84
ANEXO A – Termo de Anuência.....	87
ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	88

INTRODUÇÃO

A eletricidade tem ajudado pessoas no mundo inteiro diariamente trazendo praticidade, eficiência, rapidez e qualidade de vida a seus usuários. Entretanto, mesmo depois de grande desenvolvimento mundial visto em tecnologia nas últimas décadas, ainda há países fortemente atingidos por fome, violência, doenças, falta de saneamento básico e exclusão elétrica.

Segundo Diniz (2015), o então ministro de minas e energia, Aurélio Pavão, afirmou que mesmo depois de 12 anos tentando melhorar a distribuição de energia elétrica no país através do programa Luz Para Todos, ainda há cerca de 190 mil famílias sem acesso à energia elétrica. Esse número pode ser ainda maior, já que, ainda de acordo com Diniz (2015), há comunidades isoladas na Amazônia que não foram mapeadas pelo ministério. Sendo assim, ainda há vilas e comunidades em todo o Brasil que são completamente excluídas ou isoladas eletricamente do resto do país.

Mais especificamente no caso do estado do Amapá, correlaciona-se a exclusão elétrica à problemática de logística no estado devido às suas características naturais. Logo, observa-se a existência de localidades com aglomeração de casas de famílias às quais se tem acesso muitas vezes somente por vias fluviais.

Pela falta de eletricidade há problemas desde o armazenamento de alimentos perecíveis até entretenimento, saúde, educação e outros. Serviços odontológicos e de saúde em geral muitas vezes não são oferecidos. Felizmente, diversas instituições pretendem desenvolver projetos sociais para levar até essas pessoas tais serviços e tentar suprir suas necessidades básicas tais como consultas médicas, exames, corte de cabelo, vacinação, verificação de glicose e pressão arterial e acesso à informação.

Com o intuito de auxiliar tais ações sociais, este trabalho propõe o projeto de um sistema de geração de energia elétrica que seja móvel montado em um container ou estrutura similar e que possa ser facilmente transportado em veículos assim como em barcos para alcançar as localidades. Objetivou-se colher informações sobre projetos de ação social que se encaixam no perfil de atender a comunidade utilizando energia elétrica durante suas ações, e assim dimensionar o sistema fotovoltaico móvel e realizar sua análise econômico-financeira.

Sabe-se que facilmente essa demanda energética poderia ser suprida por um gerador elétrico movido a diesel ou gasolina, porém, como Goldemberg (2013) afirma, a geração de energia elétrica através de combustíveis fósseis pode resultar em

problemas que afetam diretamente os usuários, como problemas de saúde através de poluição atmosférica e sonora. Dentre outros fatores a serem considerados está o custo da geração e segurança durante a geração, que no caso da geração à diesel ou gasolina é considerado baixo, por utilizar substâncias inflamáveis.

Portanto, este projeto considerou trabalhar com geração de energia elétrica através de módulos fotovoltaicos, já que, além de ser silenciosa, a energia solar fotovoltaica é uma fonte renovável e não poluente de energia elétrica em sua geração.

Este trabalho está estruturado em três capítulos e é complementado por um apêndice e dois anexos. A Introdução refere-se à contextualização, justificativa, objetivos e estrutura do trabalho.

O Capítulo 1 apresenta o estudo realizado sobre a relação entre energia elétrica e qualidade de vida, assim como a energia solar fotovoltaica, dimensionamento de um sistema solar fotovoltaico autônomo e análise econômico-financeira.

O Capítulo 2 traz detalhes sobre os materiais e métodos utilizados para a realização do trabalho, como o tipo do trabalho, suas etapas de desenvolvimento e a coleta e representação de seus dados sobre as instituições participantes e suas ações.

No Capítulo 3 são apresentados os resultados obtidos pelo trabalho e sua discussão, mais especificamente o dimensionamento proposto e sua análise econômico-financeira.

Posteriormente são apresentadas as conclusões sobre o trabalho, considerações finais e propostas para trabalhos futuros.

O Apêndice A apresenta o questionário sobre ações sociais no Amapá que foi utilizado para o presente trabalho, assim como o Anexo A e B apresentam o termo de anuência e o termo de consentimento livre e esclarecido que foram assinados pelos representantes das instituições entrevistadas, respectivamente.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Energia Elétrica e Qualidade de Vida

Um dos índices internacionalmente aceitos que mostram a situação do desenvolvimento de populações no mundo todo é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que tem como objetivo levantar índices de desenvolvimento de países que se baseiem não somente no Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, mas que tenham como base um tripé formado por saúde, educação e renda (PNUD, 2016).

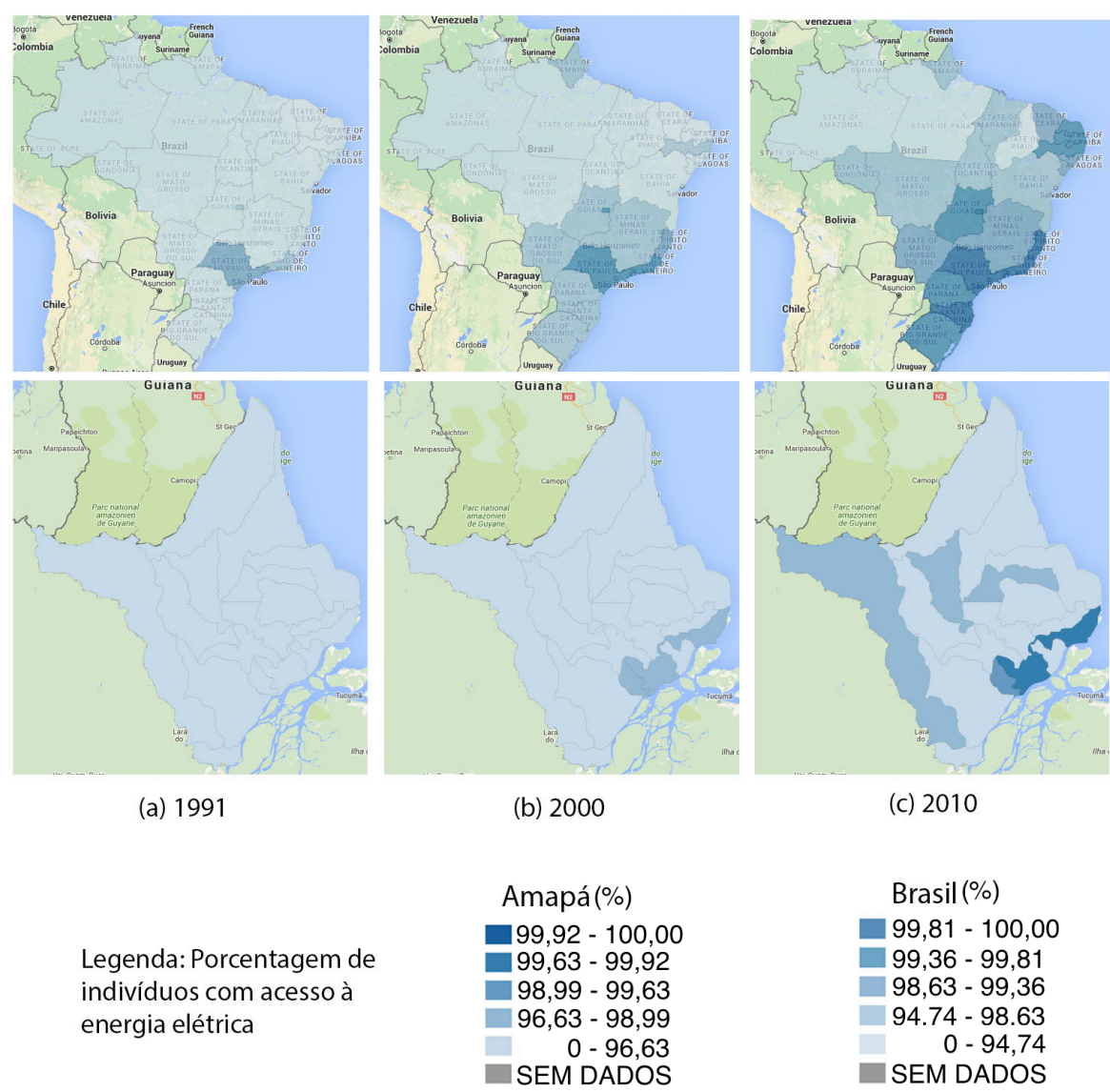
O Brasil ainda ocupa a posição de número 75, mesmo tendo crescimento equivalente à 36,4% entre 1980 e 2013 (PNUD, 2015). Já, de acordo com o IDH dos Municípios de 2010, o estado do Amapá tem IDH considerado alto de 0,708 e ocupa o décimo segundo lugar entre os estados brasileiros e Distrito Federal (PNUD, 2010).

Embora detendo IDH considerado alto, o estado do Amapá tinha cerca de 2.641 famílias sem acesso à energia elétrica em 2010 de acordo com o Censo Demográfico 2010 realizado pelo IBGE (IBGE, 2011). Portanto observa-se que tal índice possa não refletir a realidade de tais famílias que provavelmente são domiciliadas em áreas ribeirinhas e/ou afastadas dos centros urbanos e possam sofrer os aspectos negativos de serem excluídas eletricamente.

Entende-se que aquele indivíduo excluído eletricamente não é atendido, ou somente é atendido por um determinado período diário, por fontes de energia elétrica. Porém, segundo Coelho e Cartaxo (2004), a distribuição de energia elétrica é essencial para a vida moderna e o desenvolvimento das sociedades baseia-se nela.

De acordo com o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) e como mostrado através da Figura 1.1, a exclusão elétrica no Brasil ocorria em grande parte do país no ano de 1991, fato que mudou consideravelmente em 2000 e 2010.

Figura 1.1 – Indivíduos com acesso à energia elétrica no Brasil e no Amapá nos anos 1991, 2000 e 2010



Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013)

Em relação ao estado do Amapá, cuja evolução também é mostrada na Figura 1.1, observa-se que no ano 2000, os únicos municípios a terem significativa porcentagem de indivíduos com acesso à energia elétrica eram Macapá e Santana, nos quais de 96,63% a 98,99% da população era atendido. Já em 2010 se unem à tais municípios, Laranjal do Jari, Serra do Navio e Pracuúba. Mais especificamente pode-se observar a evolução do estado e dos municípios através da Tabela 1.1.

Tabela 1.1 – Indivíduos com acesso à energia elétrica no Amapá e em seus municípios nos anos 1991, 2000 e 2010

Espacialidades	% da população em domicílios com energia elétrica em 1991	% da população em domicílios com energia elétrica em 2000	% da população em domicílios com energia elétrica em 2010
Brasil	84,84	93,46	98,58
Amapá	84,64	95,10	98,27
Amapá (AP)	74,50	84,44	95,35
Calçoene (AP)	79,09	87,65	93,96
Cutias (AP)	45,83	81,57	95,99
Ferreira Gomes (AP)	81,50	78,11	95,57
Itaubal (AP)	42,26	81,46	91,94
Laranjal do Jari (AP)	79,82	95,72	98,73
Macapá (AP)	93,67	98,69	99,81
Mazagão (AP)	40,48	60,17	85,86
Oiapoque (AP)	67,53	84,99	95,52
Pedra Branca do Amapari (AP)	25,71	69,05	84,87
Porto Grande (AP)	65,20	80,87	94,51
Pracuúba (AP)	35,31	90,38	98,25
Santana (AP)	85,79	98,21	99,33
Serra do Navio (AP)	63,80	94,61	98,25
Tartarugalzinho (AP)	50,98	79,59	90,14
Vitória do Jari (AP)	38,27	81,37	94,11

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013)

Ao considerar a estimativa da população amapaense feita pelo IBGE (2014), que é de 750.912 pessoas, constata-se que possivelmente cerca de 12.990 pessoas não têm acesso à rede de distribuição de energia elétrica em todo o Amapá.

Quando não há a possibilidade da realização da extensão da rede elétrica de distribuição, por dificuldade logística ou burocrática, as consequências da problemática da exclusão elétrica podem ser parcialmente amenizadas através de ações e projetos sociais realizados por instituições que visam trazer aos atingidos por tal problemática o mínimo de qualidade de vida levando serviços que não seriam oferecidos a eles em decorrência da falta de oferta energética.

O Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2013) constata que 6,62% da população brasileira em 2010 sobrevivia em extrema pobreza. Nesse contexto observa-se que quando um indivíduo se encontra em situação de extrema pobreza, ele é desprovido da oferta de benefícios básicos para sua sobrevivência e obtenção

de um nível de qualidade de vida aceitável. Logo, há a necessidade da realização das denominadas ações ou projetos sociais.

Quando objetiva-se alcançar indivíduos isolados eletricamente, propõem-se medidas paliativas para problemáticas vividas por eles, pois as atividades executadas por tais grupos geralmente são esporádicas ou de baixa frequência.

Dentre tais atividades evidenciam-se aquelas da área da saúde que incluem aferição de pressão cardíaca, vacinação, consultas, exames, pequenas cirurgias de baixa complexidade, acompanhamento médico e demais procedimentos que necessitem de aparelhos movidos a energia elétrica. Além desses, citam-se também serviços odontológicos que necessitem ou não de energia elétrica. Na área de bem-estar social, pode-se adicionar serviços de cabelereiro, os quais necessitam em sua maioria de aparelhos movidos a eletricidade. Finalmente, atividades de cunho educacional podem ser realizadas e depender da energia elétrica para a utilização de recursos multimídia.

Vale ressaltar que as atividades realizadas através de projetos sociais são diversas e podem necessitar de energia elétrica ou não, porém é importante dar-se ciência de que a energia elétrica tem papel de, além de apoiar e dar suporte, possibilitar a ampliação e aumentar a quantidade, capacidade e complexidade daquilo que hoje já é realizado.

A energia elétrica é necessária, porém deve-se observar que a escolha da maneira como ela é gerada é também de grande importância em decorrência das consequências negativas ao meio ambiente que ela pode causar se, como exemplo, for gerada através de combustíveis fósseis (GOLDEMBERG, 2013). Portanto, deve-se considerar o uso de fontes de energia alternativas para que as ações realizadas beneficiem a população atendida não somente de maneira direta, mas também indiretamente ao não gerar poluição ao meio ambiente ou aos indivíduos.

1.2 Energia Solar Fotovoltaica

Dentre as fontes renováveis de geração de energia elétrica, destaca-se a energia solar fotovoltaica por sua disponibilidade e praticidade. Entende-se que o efeito fotovoltaico é por definição a conversão de luz em eletricidade à nível atômico. Os materiais que detêm essa propriedade absorvem fótons de luz e liberam elétrons,

que são capturados e resultam em corrente elétrica que pode ser aproveitada como eletricidade (CRESESB, 2014).

O efeito fotovoltaico é possível através da utilização de materiais semicondutores, como o silício, arseneto de gálio e telureto de cádmio, que possuem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução sem elétrons em 0 K. Entre essas duas faixas de energia há uma faixa proibida, que para os semicondutores é em média de 1 eV.

Assim, devido a sua estrutura, a condutividade dos semicondutores pode variar com a temperatura e os elétrons da banda de valência podem ser excitados por fótons para a banda de condução. Porém, em semicondutores puros, os elétrons tendem a se recombinar, por isso há a necessidade do processo de dopagem (CRESESB, 2014).

No caso do silício, ele pode ser dopado com átomos de arsênio ou fósforo para potencializar o efeito fotovoltaico e diminuir a energia necessária para excitar o elétron que sobrar na camada de valência para a banda de condução, esse é chamado de dopante n. Ao ser dopado com alumínio ou boro, o silício ficará com a falta de um elétron, ou um buraco, que se comporta como uma carga positiva e faz com que um elétron vizinho necessite de pouca energia para ocupar esse buraco e deixe um buraco na camada de valência do átomo onde estava, fazendo assim uma movimentação de buracos. Esse por sua vez, é chamado de dopante p.

Ao se combinar os dois tipos de impureza ou dopagem no mesmo cristal de silício, forma-se uma junção p-n. Quando tal junção é exposta à radiação solar, os fótons com energia superior à da faixa proibida criam uma corrente elétrica na área da junção, sendo assim gerada energia elétrica (CRESESB, 2014).

Sendo assim, observa-se o grande potencial de geração de energia elétrica através do aproveitamento solar fotovoltaico, já que, de acordo com o U.S. Department of Energy (2011), a superfície da terra recebe em uma hora, através da radiação solar, energia suficiente para suprir a demanda energética de todo o planeta por um ano.

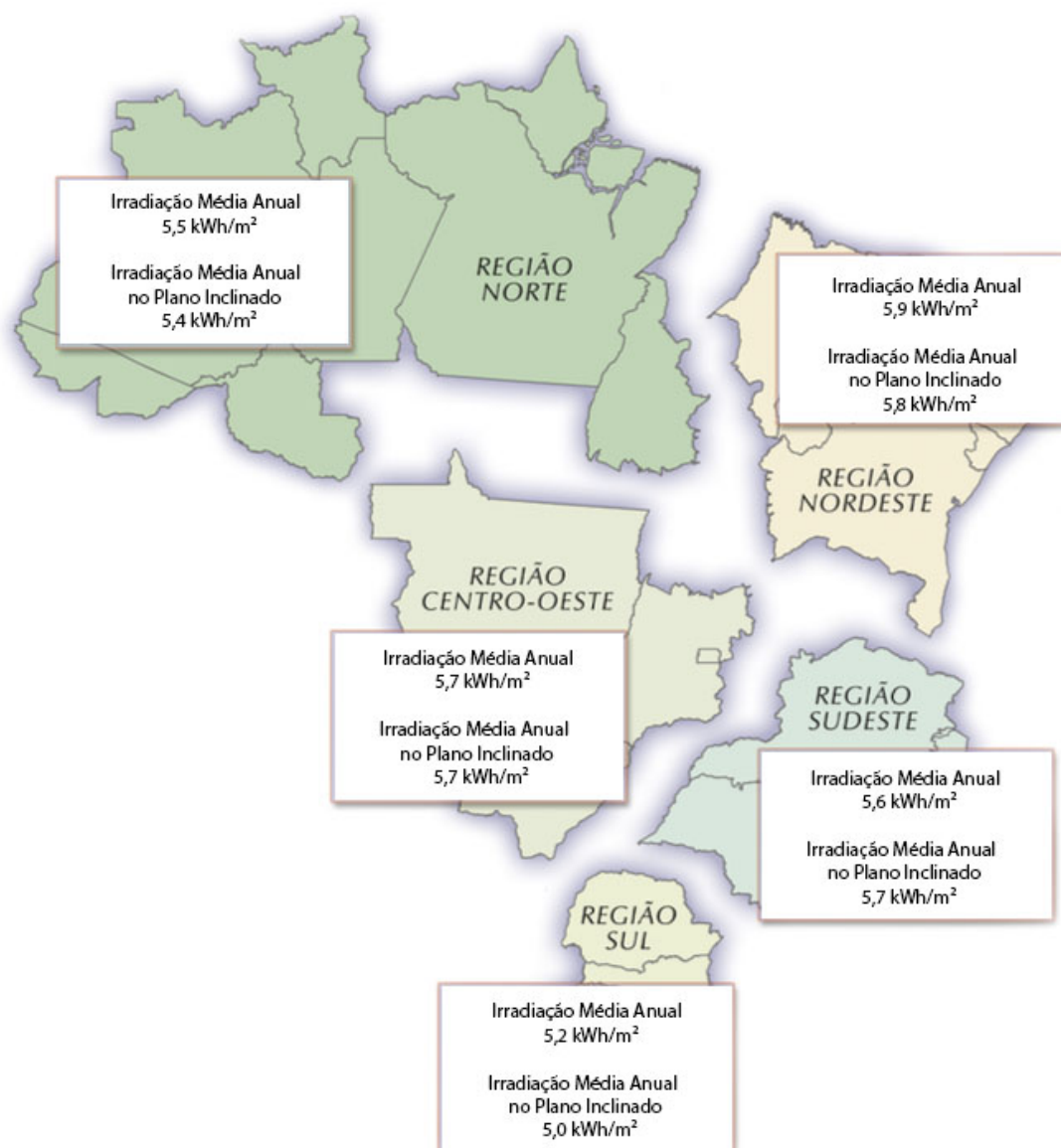
Não somente pela sua ampla disponibilidade é que a energia solar é indicada, porém também por sua relação com o meio ambiente. Maehlum (2014) salienta que além de ser silenciosa, a energia solar fotovoltaica é sustentável, por ser capaz de suprir a necessidade energética atual sem comprometer as gerações futuras, e limpa pela quantidade de poluição gerada por ela, nos processos de fabricação, transporte

e instalação, ser consideravelmente menor ao comparada com fontes de energia elétrica que utilizam combustíveis fósseis, por exemplo.

Atualmente, de acordo com a International Energy Agency (2015), a China se tornou o país com maior potência instalada de energia solar fotovoltaica com 43,5 GW, ultrapassando a Alemanha que detém 39,7 GW. Realidade da qual o Brasil se mostra distante ainda com 39 plantas de geração fotovoltaica em operação atualmente que podem gerar 22,952 MW, cerca de 0,02% da matriz energética brasileira (ANEEL, 2016).

Mesmo tendo geração de energia elétrica através da energia solar fotovoltaica pequena, há grande potencialidade para tal tipo de geração no Brasil. A Figura 1.2 mostra a radiação solar média anual em cada região do Brasil. Destaca-se a radiação solar média anual no norte do país, onde se localiza o estado do Amapá, de cerca de 5,5 kWh/m². Mesmo sendo inferior aos índices de radiação solar média anual das regiões nordeste, centro-oeste e sudeste, é 67,17% maior do que a radiação solar máxima na Alemanha, segundo maior gerador de energia solar fotovoltaica mundial, cuja radiação solar máxima é cerca de 3,29 kWh/m² (SALAMONI E RÜTHER, 2007).

Figura 1.2 – Potencial anual médio de energia solar em cada uma das cinco regiões brasileiras



Fonte: Pereira et al. (2006)

Mais especificamente, o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito – CRESESB (2000) expõe, através do Quadro 1.1, as características de irradiação para a capital do estado do Amapá, Macapá, em Horas de Sol Pleno, HSP, que representa o número de horas de irradiância constante e igual a 1.000 W/m^2 no plano do módulo fotovoltaico.

Quadro 1.1 – Irradiação diária média em Macapá, AP

Irradiação Diária Média (kWh/m ² .dia)													
Município: Macapá		Latitude: 0° N		Longitude: 51,066388° O		Distância: 2,1 km							
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
4,25	4,2	4	4,1	4,47	4,6	5,4	6	6,1	6,4	6	5,2	5,05	2,33

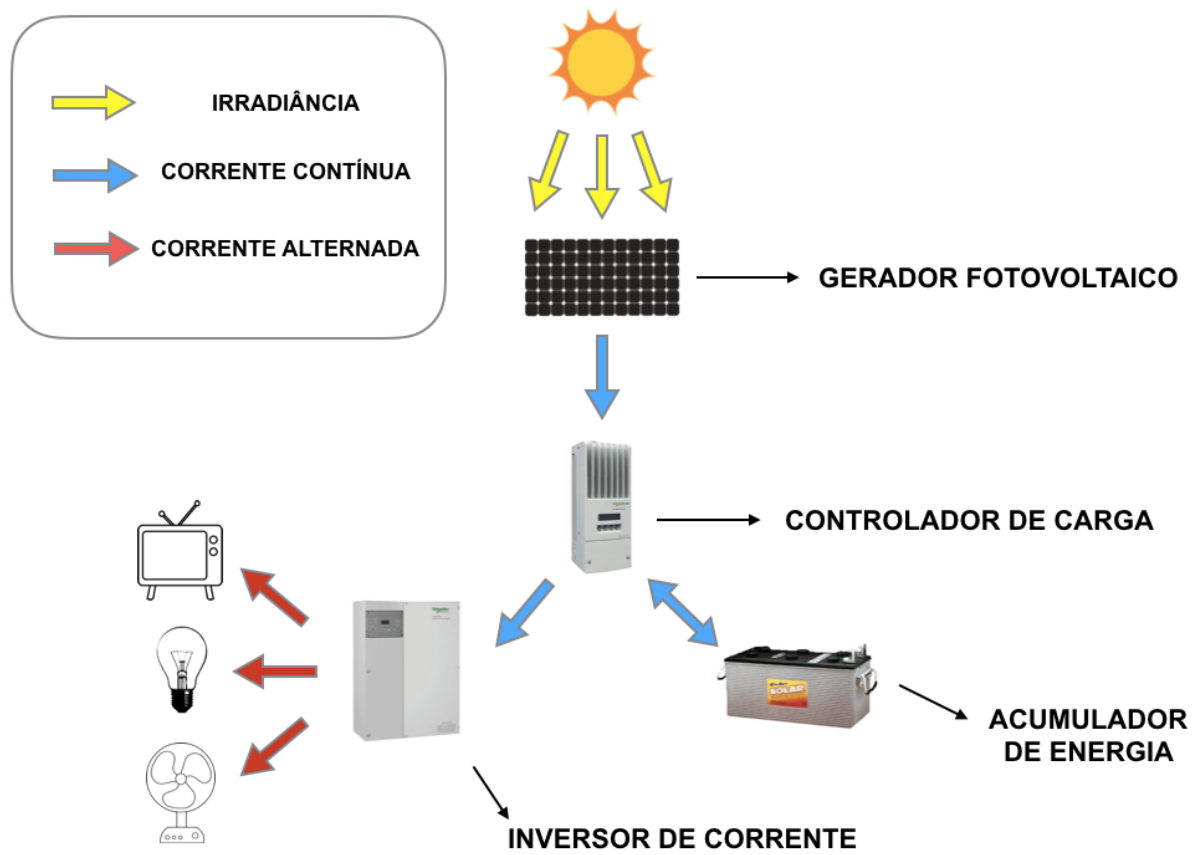
Fonte: CRESESB (2000)

Para que essa potencialidade possa ser aproveitada para a geração de energia elétrica, utiliza-se uma série de equipamentos e componentes cujas especificações dependem da potência de projeto, que, conseqüentemente, depende diretamente dos objetivos de tal sistema de geração.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser autônomos, *off-grid*, ou ligados à rede convencional de distribuição de energia elétrica, *on-grid*. O sistema autônomo é completamente independente da rede de distribuição da concessionária, logo, como não é conectado à rede, não há a necessidade de ser um sistema fixo, podendo alimentar não somente uma localidade permanentemente, mas também ser móvel e atender à várias necessidades em locais diferentes.

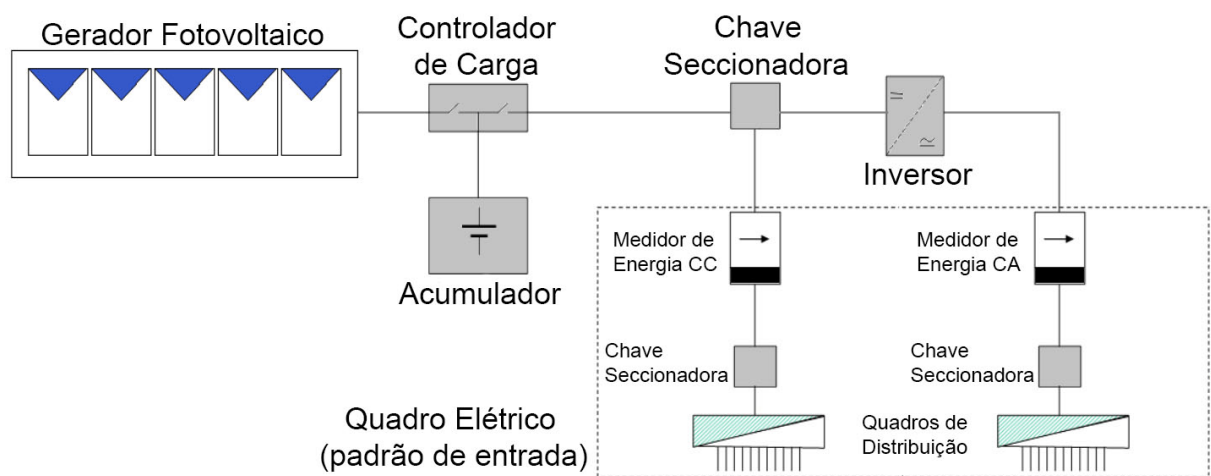
Os equipamentos que compõem um sistema de geração de energia solar fotovoltaica autônomo são geradores fotovoltaicos, acumuladores de energia, conversores, controladores de carga e demais equipamentos, nos quais incluem-se suportes e caixas de passagem. A Figura 1.3 ilustra os componentes de um sistema fotovoltaico autônomo e suas possíveis aplicações, assim como a Figura 1.4 ilustra o mesmo tipo de sistema através de seu diagrama unifilar.

Figura 1.3 – Componentes de um sistema fotovoltaico autônomo



Fonte: Autoria Própria

Figura 1.4 – Diagrama unifilar de um sistema fotovoltaico autônomo



Fonte: CRESESB (2014)

Os módulos fotovoltaicos são responsáveis pelo acontecimento do efeito fotovoltaico e são compostos por células fotovoltaicas. Há vários materiais com os quais se produz células fotovoltaicas, porém os mais comuns são silício monocristalino, policristalino e amorfo. O Quadro 1.2 apresenta outras tecnologias e suas respectivas eficiências.

Quadro 1.2 – Tecnologias de células fotovoltaicas e suas eficiências

Tecnologia		Eficiência (%)
Silício	Monocristalino	$25,0 \pm 0,5$
	Policristalino	$20,4 \pm 0,5$
	Filmes finos transferidos	$20,1 \pm 0,4$
Compostos III A-VA (ou 13-15)	GaAs (filme fino)	$28,8 \pm 0,9$
	GaAs (policristalino)	$18,4 \pm 0,5$
	InP (monocristalino)	$22,1 \pm 0,7$
Calcogênios Compostos II B-VI A (ou 12-16)	CIGS ($\text{CuIn}_x\text{Ga}(1-x)\text{Se}_2$) (filme fino)	$19,6 \pm 0,6$
	CdTe (filme fino)	$18,3 \pm 0,5$
Silício amorfo / nanocristalino	Amorfo (a-Si) (filme fino)	$10,1 \pm 0,3$
	Nanocristalino (nc-Si)	$10,1 \pm 0,2$
Células Sensibilizadas por Corantes (DSSC)		$11,9 \pm 0,4$
Células Orgânicas (filme fino)		$10,7 \pm 0,3$
Multijunção	InGaP/GaAs/InGaAs	$37,7 \pm 1,2$
	a-Si/nc-Si/nc-Si (filme fino)	$13,4 \pm 0,4$

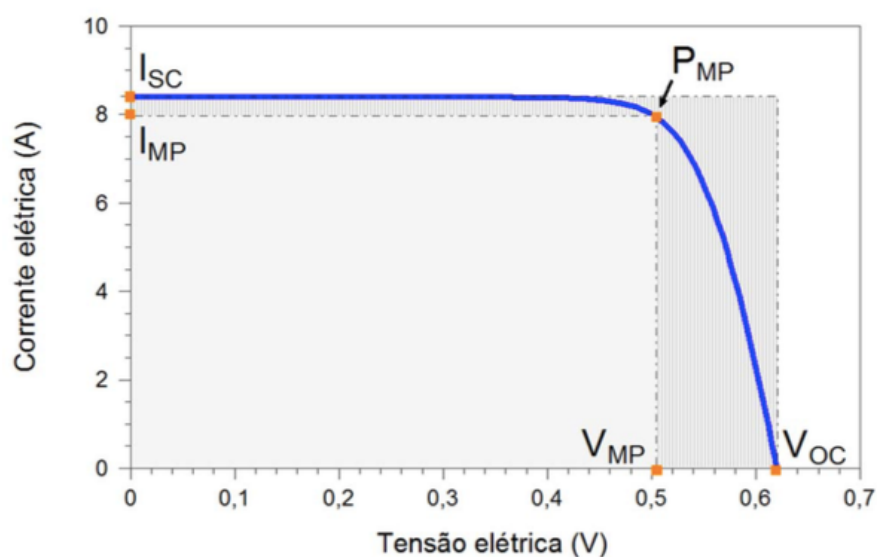
Fonte: CRESESB (2014)

A operação de uma célula de silício típica em condições-padrão de ensaio é exemplificada através de sua curva característica I-V dada pela Figura 1.5, na qual I_{sc} é corrente elétrica de curto-circuito, I_{MP} é corrente elétrica de máxima potência, P_{MP} é a potência máxima, V_{MP} é tensão elétrica de máxima potência e V_{OC} é tensão elétrica de circuito aberto. Segundo CRESESB (2014), a corrente elétrica em uma célula fotovoltaica pode ser considerada como a soma da corrente gerada pelos fótons absorvidos da radiação solar e a corrente de uma junção *pn* no escuro (diodo semiconductor).

CRESESB (2014) afirma que a variação da radiação incidente afeta consideravelmente o valor da intensidade de corrente gerada, essa sendo diminuída com a diminuição da luminosidade. Já a temperatura tem maior efeito na tensão de

saída, diminuindo-a à medida que a temperatura aumenta. Dessa maneira, a potência é consequentemente afetada pelas variações das condições do ambiente.

Figura 1.5 – Curva característica I-V de uma célula típica de silício em condições-padrão de ensaio



Fonte: CRESESB (2014)

Os acumuladores eletroquímicos, também chamados de baterias, acumulam energia para a alimentação do sistema em momentos de baixa incidência de irradiação. Para a utilização em sistemas de geração fotovoltaica eles são geralmente de chumbo-ácido ou níquel-cádmio. O Quadro 1.3 apresenta outros tipos de bateria, suas aplicações típicas e especificações.

Quadro 1.3 – Baterias e suas especificações

Tecnologia	Eletrólito	Densidade Energética (Wh/kg)	Densidade Energética (Wh/L)	Eficiência η_{Wh} (%)	Vida Útil (anos)	Vida Cíclica (ciclos)	Temperatura de Operação (°C)		Aplicações Típicas (exemplos)
							Carga Padrão	Descarga	
Chumbo ácido (Pb-ácido)	H ₂ SO ₄	20-40	50-120	80-90	3-20	250-500	-10 a +40	-15 a +50	Uso estacionário, tração, automotiva
Níquel-Cádmio (NiCd)	KOH	30-50	100-150	60-70	3-25	300-700	-20 a +50	-45 a +50	Mesmo tipo de aplicações das baterias de chumbo-ácido, ferramentas, veículos elétricos
Níquel-hidreto metálico (NiMH)	KOH	40-90	150-320	80-90	2-5	300-600	0 a +45	-20 a +60	Notebooks, celulares, câmeras fotográficas, veículos elétricos e híbridos, brinquedos
Íon de Lítio (Li-ion, Li-polímero)	Polímeros orgânicos	90-150	230-330	90-95	-	500-1000	0 a +45	-20 a +60	Notebooks, celulares, filmadoras, smart cards, veículos elétricos e híbridos
Bateria alcalina recarregável de Manganês (RAM)	KOH	70-100	200-300	75-90	-	20-50	-10 a +60	-20 a +50	Produtos de consumo, brinquedos
Cloreto de Níquel e Sódio (NaNiCl)	β'' -Al ₂ O ₃	~100	~150	80-90	-	~1000	+270 a +300	+270 a +300	Veículos elétricos e híbridos (possíveis aplicações estacionárias)

Fonte: CRESESB (2014)

Para evitar que as baterias descarreguem completamente ou sejam carregadas em excesso, e assim tenham sua vida útil comprometida, utiliza-se controladores de carga, também chamados de reguladores de carga, que são responsáveis pelo monitoramento da carga da bateria.

Como as células fotovoltaicas geram energia em corrente contínua, são necessários conversores CC/CA chamados de inversores, que podem ser utilizados

para a alimentação de uma carga CA isolada. Somente através de inversores é que o sistema fotovoltaico pode suprir energia para equipamentos que funcionam em corrente alternada, como ventiladores, televisores e lâmpadas.

1.3 Dimensionamento de um Sistema Solar Fotovoltaico Autônomo

O Método de Dimensionamento do Mês Crítico é o método mais comumente utilizado para sistemas autônomos. Através desse método de dimensionamento, as características do gerador fotovoltaico são determinadas de certa forma que a energia gerada no pior mês do ano seja igual à consumida durante todos os meses do ano, assim como a capacidade do banco de baterias é calculada considerando o período de autonomia (CRESESB, 2014).

Tal método de dimensionamento é um método mais aplicado à sistemas convencionais e fixos que são utilizados diariamente. O projeto em questão visa auxiliar ações itinerantes, o que requer que o sistema seja móvel. Além disso, a periodicidade da utilização do sistema proposto é baixa, já que as ações não são realizadas diariamente.

Diante de tais fatos, optou-se por utilizar o Método Lorenzo, que oferece ao projetista mais flexibilidade quanto aos arranjos de geração fotovoltaica e capacidade do banco de baterias, além de levar em consideração a probabilidade de perda de carga, LLP. Assim o projetista detém de maior liberdade para projetos diferenciados como o em questão.

1.3.1 Método Lorenzo

Este método de dimensionamento leva em consideração os parâmetros f e u que representam as características meteorológicas do local e dependem do valor da probabilidade de perda de carga, LLP, que é a probabilidade de o usuário permanecer sem energia elétrica (LORENZO, 1994).

Para a realização do dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo pelo Método Lorenzo, necessita-se de algumas informações sobre a carga a ser suprida. Dentre elas tem-se tensão nominal, potência, perfil de carga, localização geográfica e a autonomia prevista.

Primeiramente, deve-se calcular o consumo diário total multiplicando-se o tempo de uso pela potência (W) de cada aparelho. Porém tal valor de consumo diário total deve ser dividido pela eficiência do inversor a ser utilizado. Se houver carga em corrente contínua, sua potência não deve ser levada em consideração quando calculada a potência do inversor, a qual deve ser capaz de atender a potência total dos aparelhos de forma contínua.

CRESESB (2014) expõe que a energia ativa necessária diariamente, L (Wh/dia), é obtida através da utilização da carga em CC, L_{cc} (Wh/dia), em CA, L_{ca} (Wh/dia), da eficiência global da bateria, η_{bat} (%), e da eficiência do inversor, η_{inv} (%). A Equação 1.1 mostra como é possível calcular a energia ativa necessária diariamente.

$$L = \frac{L_{cc}}{\eta_{bat}} + \frac{L_{ca}}{\eta_{bat}\eta_{inv}} \quad (1.1)$$

Utilizando-se a tensão do sistema, V_{sis} (V) e o valor da energia ativa necessária diariamente, L , apresentado pela Equação 1.1, calcula-se o valor de L em Ah/dia, que é denominado Q_M e é obtido pela Equação 1.2.

$$Q_M = \frac{L \text{ (Wh/dia)}}{V_{sis}} \quad (1.2)$$

Lorenzo (1994) afirma que para o cálculo da capacidade do conjunto de módulos no plano inclinado, C_A , utiliza-se a I_{MP} (A), que é a corrente de máxima potência do módulo fotovoltaico, a Q_M e a G_{REF} , que é a radiação solar de referência igual a 1.000 W/m². O cálculo de C_A é realizado através da Equação 1.3.

O cálculo de C_A' , que é a capacidade do conjunto de módulos no plano não inclinado, é apresentado através da Equação 1.4, sendo que na Equação 1.3, G_{dm} é o valor médio mensal da radiação solar diária na superfície inclinada e na Equação 1.4, $G_d(0)$ representa o valor médio mensal da radiação solar diária na superfície horizontal.

$$C_A = \frac{G_{dm} \times I_{MP}}{Q_M \times G_{REF}} \quad (1.3)$$

$$C_A' = \frac{G_d(0) \times I_{MP}}{Q_M \times G_{REF}} \quad (1.4)$$

A capacidade do acumulador, C_S , é a razão entre a capacidade útil das baterias, C_U , e a demanda energética diária média, Q_M , assim como demonstra a Equação 1.5. A capacidade útil das baterias pode ser calculada através da Equação 1.6, que depende da capacidade do banco de baterias para regime de descarga em 20 horas, CBI_{c20} em Ah, e da P_d , a máxima profundidade de descarga da bateria (LORENZO, 1994).

$$C_S = \frac{C_U}{Q_M} \quad (1.5)$$

$$C_U = CBI_{c20} \times P_d \quad (1.6)$$

A relação entre a capacidade do acumulador, C_S , e a capacidade do conjunto de módulos no plano horizontal, C_A' , depende dos parâmetros f e u , e é dada através da Equação 1.7 (LORENZO, 1994).

$$C_A' = f \times C_S^{-u} \quad (1.7)$$

A partir do valor de C_A' , calcula-se a potência necessária para o gerador fotovoltaico, P_m (Wp), que varia com o fator de segurança, F_S , L e com $G_d(0)$, caso seja no plano horizontal, assim como apresenta a Equação 1.8.

$$P_m = F_S \frac{C_A' \times L}{G_d(0)} \quad (1.8)$$

Como já citado, os valores de f e u dependem da LLP, que por sua vez varia de acordo com os objetivos do projetista, geralmente 10% ou 1%.

De posse da potência P_m e da capacidade de armazenamento CBI_{c20} escolhidas, pode-se determinar os equipamentos a serem utilizados e suas respectivas especificações como indicado por CRESESB (2014).

A quantidade de módulos fotovoltaicos total é calculada através da Equação 1.9 e depende da potência P_m em Wp do arranjo escolhido e da potência do módulo fotovoltaico selecionado, P_m' também em Wp.

$$N^{\circ} \text{ módulos} = \frac{P_m}{P_m'} \quad (1.9)$$

Através da Equação 1.10 e da Equação 1.11, pode-se calcular o número de módulos em paralelo, $N^{\circ} \text{ módulos}_{\text{paralelo}}$, e em série, $N^{\circ} \text{ módulos}_{\text{série}}$, respectivamente. Na Equação 1.10 o número de módulos em série dá-se considerando a tensão do sistema, V_{sist} (V) e a tensão de máxima potência do módulo escolhido, V_{MP} (V).

A partir do número de módulos em série, utiliza-se o número total de módulos para o cálculo do número de módulos em paralelo, como apresenta a Equação 1.11.

$$N^{\circ} \text{ módulos}_{\text{série}} = \frac{1,2 \times V_{\text{sist}}}{V_{MP}} \quad (1.10)$$

$$N^{\circ} \text{ módulos}_{\text{paralelo}} = \frac{N^{\circ} \text{ módulos}}{N^{\circ} \text{ módulos}_{\text{série}}} \quad (1.11)$$

A partir do valor de CBI_{c20} do arranjo escolhido, possibilita-se o cálculo do número de baterias em paralelo através da Equação 1.12, onde CBI_{bat} é a capacidade da bateria selecionada. Vale ressaltar que um máximo de 4 a 6 baterias em paralelo é o recomendado pelos fabricantes (CRESESB, 2014).

$$N^{\circ} \text{ baterias}_{\text{paralelo}} = \frac{CBI_{c20}}{CBI_{bat}} \quad (1.12)$$

O número de baterias em série depende da V_{sist} , que geralmente é 12, 24, 36 ou 48 V no Brasil, e é apresentado pela Equação 1.13, onde V_{bat} é a tensão nominal da bateria a ser utilizada.

$$N^{\circ} \text{ baterias}_{\text{série}} = \frac{V_{\text{sist}}}{V_{bat}} \quad (1.13)$$

CRESESB (2014) afirma que para a escolha do controlador de carga, deve-se calcular a corrente máxima do controlador, que nada mais é do que a corrente de curto-circuito do módulo fotovoltaico mais um fator de segurança de 25% multiplicada pelo número de módulos em paralelo. O cálculo da corrente máxima do controlador é mostrado pela Equação 1.14.

$$I_c = 1,25 \times N^{\circ} \text{módulos}_{\text{paralelo}} \times I_{sc} \quad (1.14)$$

Por fim, o dimensionamento do inversor se dá através da demanda máxima de potência. Logo, a potência do inversor deve ser igual ou superior à potência instalada, sendo essa composta pela soma de todas as cargas operando simultaneamente. Vale ressaltar que, se dentre os equipamentos houver equipamentos com motores, deve-se levar em consideração o aumento significativo da corrente elétrica durante a partida dos motores, logo, aconselha-se multiplicar a corrente dos equipamentos com motores, de acordo com suas especificações, para o cálculo da potência do inversor (CRESESB, 2014).

1.4 Análise Econômico-financeira

Como parte integrante de um projeto de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica, a execução de uma análise econômico-financeira faz-se necessária, ao se levar em consideração figuras de mérito específicas, para determinar aspectos financeiros inerentes a realização do projeto.

Levando em consideração que o presente trabalho objetiva projetar um sistema para apoiar ações sociais, observa-se que não haverá receita ou lucro. Mediante tal fato, especificamente para esse trabalho, os indicadores econômicos a serem utilizados são o valor presente (VP), o fator de recuperação de capital (FRC), custo do ciclo de vida (CCV) e custo do ciclo de vida anualizado (CCVa).

O valor presente (VP) é o valor atual de um pagamento futuro descontado a uma taxa de juros i , como expressa a Equação 1.15, e depende do valor futuro (VF) e do ano de referência k . Já o custo do ciclo de vida (CCV) é a soma de todos os valores presentes durante a vida útil do projeto, ou seja, a soma de todas as despesas do projeto hoje. O cálculo do CCV é expresso pela Equação 1.16 e depende do VF,

de n , que é a vida útil do projeto em anos, e de k , que é o ano referente ao VF (FERREIRA, 2009).

$$VP_k = \frac{VF_k}{(1+i)^k} \quad (1.15)$$

$$CCV = \sum_{k=0}^n \frac{VF_k}{(1+i)^k} \quad (1.16)$$

Além das figuras de mérito já apresentadas, Santos e Sauer (1999) salientam que também é importante utilizar-se do fator de recuperação de capital (FRC), que é capaz de anualizar o valor do investimento feito no presente ao considerar uma determinada taxa de desconto i em um período de n anos, como é apresentado pela Equação 1.7.

$$FRC = \frac{i}{1 - (1+i)^{-n}} \quad (1.17)$$

Através do FRC, pode-se calcular o custo do ciclo de vida anualizado (CCVa), que corresponde aos gastos anuais de operação ao longo da duração do projeto. O cálculo do CCVa pode ser realizado através da Equação 1.18.

$$CCVa = CCV \times FRC(i, n) \quad (1.18)$$

Vale reafirmar que o presente trabalho visa projetar um sistema que auxilie ações e projetos de cunho social, portanto, é um sistema que não gerará receita. Dessa maneira, não é realizado cálculo de *payback*, que seria o tempo simples de retorno do investimento, nem de TIR, taxa interna de retorno, sendo só calculados os custos do projeto.

Através da utilização de todas as figuras de mérito citadas, pode-se determinar a aplicabilidade de um projeto e sua viabilidade segundo as expectativas e requerimentos do projetista. Considerando que o método de dimensionamento utilizado nesse trabalho oferece diversos arranjos, é possível calcular tais figuras de

mérito para cada arranjo, e assim escolher o melhor de acordo com os objetivos do projetista.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Classificação do Trabalho

O presente trabalho é considerado de natureza quanti-qualitativa, já que trata subjetivamente das necessidades do ser humano relacionadas à disponibilidade de energia elétrica ao mesmo tempo que trata objetivamente do dimensionamento de um sistema móvel de geração de energia através da radiação solar. Para a parte considerada qualitativa da pesquisa foi utilizado o método indutivo para chegar ao consenso em relação à energia que será ofertada pelo sistema. A documentação indireta foi bibliográfica e a direta foi através de questionário para a coleta de dados referente ao levantamento junto às instituições que realizam ações sociais no Amapá. Os dados utilizados para o dimensionamento do sistema proposto são apresentados através de figuras, quadros e tabelas, são quantitativos e representam o consumo de cada ação social realizada pelas instituições entrevistadas. Embora este projeto tenha como objetivo o projeto de um sistema móvel, a área a ser abrangida por ele foi o estado do Amapá.

2.2 Etapas de Desenvolvimento

Inicialmente foi necessário obter junto às instituições quais serviços são oferecidos através de suas ações e quais equipamentos elétricos são necessários para que elas sejam realizadas. Essas informações foram colhidas através das instituições que realizam ações sociais no estado do Amapá e serão possíveis agraciadas pelo projeto quando ele for colocado em prática. As três esferas de instituições pesquisadas foram pública, privada e sem fins lucrativos.

Após realizada essa pesquisa, foi feita uma triagem dos projetos dessas instituições para selecionar só aqueles que se encaixam nos critérios deste projeto, que são projetos que utilizam energia elétrica durante suas ações e realizam ou tenham interesse em realizá-las em comunidades isoladas eletricamente.

Com os projetos selecionados, foram listados os serviços oferecidos, assim como os equipamentos utilizados por eles. Considerados todos esses parâmetros, foi possível chegar à valores de demanda energética necessária e assim chegar à

informação mais realista sobre o consumo energético de ações sociais para o início do dimensionamento do sistema.

Baseado nessa informação inicial de demanda, foi possível realizar os primeiros cálculos necessários ao dimensionamento do sistema. Assim, por causa da disparidade entre as demandas energéticas das ações, foram realizados dimensionamentos para três tipos de carga, leve, média e pesada.

Para todos os arranjos calculados através do Método Lorenzo, foram escolhidos os módulos fotovoltaicos, controladores de carga, bancos de baterias e inversores a serem utilizados para cada tipo de sistema. As escolhas dos equipamentos e cálculos foram baseadas na literatura vigente sobre dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

Para cada arranjo do Método Lorenzo, foram realizados os cálculos para a análise econômico-financeira através das figuras de mérito já mencionadas. Para tal, foi feita uma pesquisa de mercado para colher informações referentes ao preço e disponibilidade de cada um dos componentes que compõem os sistemas.

Finalmente, de posse das várias combinações de dimensionamentos e custos, foram escolhidos os melhores arranjos para cada tipo de carga. As premissas para a escolhas dos arranjos foram:

- LLP;
- Dias de Autonomia;
- CCV;
- Número de componentes;
- Peso.

De acordo com o tamanho de cada sistema, foram sugeridas as melhores estruturas para sua montagem.

2.3 Ações e Projetos Sociais

Considerando um universo de pesquisa pequeno, foram aplicados 10 questionários a instituições que realizam ações sociais no estado do Amapá. O questionário utilizado pode ser encontrado no Apêndice A, assim como o Termo de Anuência no Anexo A e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido no Anexo B, cópias dos quais foram assinadas pelos representantes das instituições e submetidas ao Comitê de Ética da UNIFAP juntamente com o projeto.

2.3.1 SESC – Serviço Social do Comércio – Amapá

O SESC Amapá realiza ações sociais através de suas unidades móveis de odontologia. As ações são realizadas no Complexo Macapá Criança – CRAS no bairro Pedrinhas e também nas proximidades da UBS do bairro Brasil Novo. Os consultórios odontológicos de suas unidades móveis dependem da energia elétrica da rede de distribuição convencional para funcionarem, portanto somente são realizadas ações em locais onde já há disponibilidade de energia elétrica. Um sistema de geração de energia móvel como o proposto neste trabalho, proporcionaria a continuidade das ações mesmo no caso de falta de energia elétrica, segundo o representante da instituição. O Quadro 2.1 apresenta as informações referentes às ações realizadas pelo SESC Amapá.

Quadro 2.1 – Informações referentes às ações realizadas pelo SESC Amapá

SESC		
Tipo de Instituição	Privada	
Projetos	Odonto SESC I	Odonto SESC II
Localidades Atendidas	Macapá	
Acesso à Energia Elétrica	Sim	
Serviços Oferecidos	• Tratamento Odontológico • Procedimentos restauradores • Extrações • Limpeza • Prevenção • Educação em Saúde	
Atendimentos Anuais	9.240	6.930
Periodicidade das Ações	4 vezes ao ano	

Fonte: Autoria Própria

2.3.2 Liberdade em Cristo

A igreja evangélica Liberdade em Cristo, realiza anualmente uma ação social cujo o foco é atender dependentes químicos, moradores de rua e famílias em situação de pobreza. A ação é realizada no bairro Beírol na cidade de Macapá, porém o representante da instituição afirma que o sistema de geração proposto possibilitaria a realização dessas ações em outras localidades. O Quadro 2.2 traz informações referentes à ação realizada pela Liberdade em Cristo.

Quadro 2.2 – Informações referentes às ações realizadas pela Igreja Evangélica Liberdade em Cristo

Liberdade em Cristo	
Tipo de Instituição	Religiosa
Projeto	Projeto Céu na Terra
Localidades Atendidas	Macapá
Acesso à Energia Elétrica	Sim
Serviços Oferecidos	• Dentista • Pediatria • Aferição de Pressão Arterial e Glicemia • Teatro • Distribuição de Remédios e Lanches
Atendimentos Anuais	300
Periodicidade das Ações	1 vez ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.3 Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá

Entre os meses de janeiro e junho, acontecem Encontros de Famílias nas ilhas e comunidades de Afuá, Gurupá e Breves. Mesmo não pertencendo ao estado do Amapá, tais localidades são comumente atendidas por ações de instituições amapaenses pela sua proximidade ao estado. Informações sobre a ação realizada

pela Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá são apresentadas pelo Quadro 2.3.

Quadro 2.3 – Informações referentes às ações realizadas pela Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá

Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá	
Tipo de Instituição	Religiosa
Projeto	Encontros de Famílias
Localidades Atendidas	Afuá, Gurupá e Breves
Acesso à Energia Elétrica	Sim, através de geradores de médio e pequeno porte
Serviços Oferecidos	• Palestras religiosas e sobre relacionamento familiar, participação da família na comunidade, drogas, álcool e tabagismo • Momentos de entretenimento
Atendimentos Anuais	1.800
Periodicidade das Ações	6 vezes ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.4 SESI – Serviço Social da Indústria – Amapá

O Serviço Social da Indústria do Amapá tem participação expressiva durante o acontecimento da Ação Global. Tal ação ocorre anualmente nas cidades de Macapá e Santana e oferece à comunidade diversos serviços utilizando suas unidades móveis. Segundo a instituição, os atendimentos e serviços poderiam ser oferecidos para comunidades mais distantes da capital com o auxílio de um sistema de geração de energia móvel, já que suas unidades móveis dependem da rede elétrica convencional para funcionarem. Adicionais informações sobre a ação são apresentadas pelo Quadro 2.4.

Quadro 2.4 – Informações referentes às ações realizadas pelo SESI Amapá

SESI	
Tipo de Instituição	Privada
Projeto	Ação Global
Localidades Atendidas	Macapá e Santana
Acesso à Energia Elétrica	Sim
Serviços Oferecidos	• Atendimento médico, odontológico e audiométrico • Atendimento voltado para cidadania • Emissão de documentos • Lazer e atividades esportivas
Atendimentos Anuais	54.000
Periodicidade das Ações	1 vez ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.5 SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – Amapá

O SENAI Amapá, assim como o SESI e o SESC, tem à sua disposição unidades móveis para a realização de suas ações. Como seu foco é aprendizagem industrial, são realizados em sua maioria cursos e oficinas nas diversas áreas de cursos oferecidos pelo SENAI. As ações são realizadas com o auxílio das unidades móveis, portanto somente localidades com acesso à energia elétrica são atendidas. O Quadro 2.5 traz informações sobre as ações realizadas pelo SENAI Amapá.

Quadro 2.5 – Informações referentes às ações realizadas pelo SENAI Amapá

SENAI				
Tipo de Instituição	Privada			
Projeto	Ação Global	Dia Nacional da Construção Civil	Mundo SENAI	Dia do Trabalhador
Localidades Atendidas	Santana	Macapá	Santana, Vale do Jari e Macapá	Macapá

Acesso à Energia Elétrica	Sim			
Serviços Oferecidos	- Mini cursos na área de alimentos - Ginástica Laboral - Mini cursos na área da construção civil - Oficina de construção de documentos oficiais	- Exposição de projetos na área da construção civil e segurança do trabalho	- Mostra tecnológica e Projetos - Mini cursos nas diversas áreas do SENAI - Rodadas de negócios - Palestras e apresentações culturais - Ambiente SENAI de ações inclusivas	- Oficinas na área da construção civil - Oficina de construção de documentos oficiais - Práticas referentes à NR-35
Atendimentos Anuais	1.360	30	12.000	380
Periodicidade das Ações	2 vezes ao ano	1 vez ao ano		

Fonte: Autoria Própria

2.3.6 Igreja do Evangelho Quadrangular

A Igreja do Evangelho Quadrangular realiza anualmente ações sociais através do Projeto Lucas, que utiliza um ônibus modificado para oferecer serviços de saúde, corte de cabelo, orientação jurídica e emissão de documentos à indivíduos de regiões periféricas dos municípios de Macapá, Santana e Tartarugalzinho. O representante da instituição afirma que com o auxílio de um sistema de geração de energia móvel, haveria mais segurança durante a realização das ações, já que não dependeriam da rede de distribuição de energia convencional. O Quadro 2.6 traz informações referentes à ação realizada pela instituição.

Quadro 2.6 – Informações referentes às ações realizadas pela Igreja Evangélica Quadrangular

Igreja Evangélica Quadrangular	
Tipo de Instituição	Religiosa
Projeto	Projeto Lucas no Amapá
Localidades Atendidas	Macapá, Santana e Tartarugalzinho
Acesso à Energia Elétrica	Sim
Serviços Oferecidos	• Aferição de pressão arterial e glicemia • Distribuição de remédios • Atendimento médico e odontológico • Corte de cabelo • Orientação jurídica • Emissão de documentos
Atendimentos Anuais	3.355
Periodicidade das Ações	1 vez ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.7 Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A

As Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A, mas conhecida como Eletronorte Amapá, realiza campanhas de educação nas comunidades ao redor de suas instalações como parte de sua responsabilidade social e ambiental. Um resumo sobre tal ação é apresentado pelo Quadro 2.7.

Quadro 2.7 – Informações referentes às ações realizadas pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A

Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	
Tipo de Instituição	Pública
Projeto	Campanha de Educação Ambiental nas Comunidades Circunvizinhas às Instalações
Localidades Atendidas	Porto Grande, Ferreira Gomes, Tartarugalzinho, Amapá e Calçoene
Acesso à Energia Elétrica	Sim

Serviços Oferecidos	• Palestra educativa sobre cuidados com linhas de transmissão, lixo e uso racional da energia elétrica
Atendimentos Anuais	8.400
Periodicidade das Ações	1 vez ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.8 M.A.R. – Missão de Apoio aos Ribeirinhos

A Missão de Apoio aos Ribeirinhos é também uma instituição que realiza ações em localidades ribeirinhas, assim como a Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá. Segundo o representante da instituição, há precariedade na disponibilidade de energia elétricas nas localidades atendidas. O Quadro 2.8 traz um resumo sobre tal ação.

Quadro 2.8 – Informações referentes às ações realizadas pela M.A.R. – Missão de Apoio aos Ribeirinhos

M.A.R. – Missão de Apoio aos Ribeirinhos	
Tipo de Instituição	Religiosa
Projeto	Missão de Apoio aos Ribeirinhos
Localidades Atendidas	Bailique, Arquipélago Vila Progresso, Freguesia e Marinheiro
Acesso à Energia Elétrica	Sim, porém precária
Serviços Oferecidos	• Serviços de saúde com entrega de remédios • Trabalhos de cabelereiro • Doação de roupas usadas
Atendimentos Anuais	660
Periodicidade das Ações	12 vezes ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.9 CEA - Companhia de Eletricidade do Amapá

São realizadas ações educacionais pela Companhia de Eletricidade do Amapá, na cidade de Macapá, sobre consumo eficiente e orientações de segurança quanto à energia elétrica e pipas. O representante da instituição afirma que com o auxílio de um sistema de geração de energia móvel como o proposto, os deslocamentos e apresentações em locais abertos seriam facilitados, e assim mais pessoas poderiam ser atendidas. Mais informações sobre tal ação são apresentadas pelo Quadro 2.9.

Quadro 2.9 – Informações referentes às ações realizadas pela Companhia de Eletricidade do Amapá

Companhia de Eletricidade do Amapá	
Tipo de Instituição	Pública
Projeto	Energia na Educação
Localidades Atendidas	Macapá
Acesso à Energia Elétrica	Sim
Serviços Oferecidos	• Dicas de consumo eficiente • Orientações de segurança • Orientações de serviços e direitos
Atendimentos Anuais	360
Periodicidade das Ações	2 vezes ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.10 Federação Espírita do Amapá – Casa Chico Xavier

A Federação Espírita do Amapá realiza diversas ações nos bairros Perpetuo Socorre e Cidade Nova I na cidade de Macapá. Suas ações são educativas, de saúde e artesanato. O Quadro 2.10 traz mais informações sobre tais ações.

Quadro 2.10 – Informações referentes às ações realizadas pela Federação Espírita do Amapá

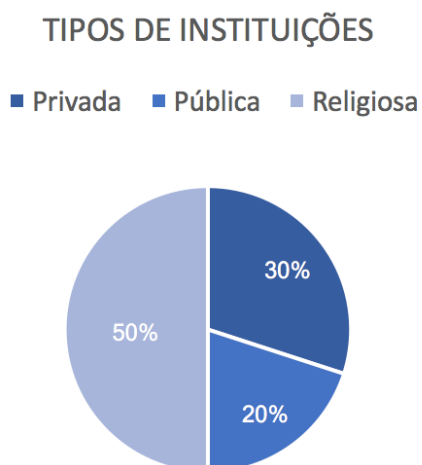
Federação Espírita do Amapá				
Tipo de Instituição	Religiosa			
Projeto	DECAE: Desenvolvimento Criativo e Apoio Escolar	Curso de Habilidades Manuais e Artesanato	Atendimento Médico e Odontológico	Alimentação Diária
Localidades Atendidas	Macapá			
Acesso à Energia Elétrica	Sim			
Serviços Oferecidos	- Desenvolvimento criativo e apoio escolar	- Habilidades Manuais e Artesanato	- Atendimento médico e odontológico	- Café da manhã, almoço e lanche da tarde
Atendimentos Anuais	60	15	240	80
Periodicidade das Ações	52 vezes ao ano	52 vezes ao ano	4 vezes ao ano	4 vezes ao ano

Fonte: Autoria Própria

2.3.11 Informações Gerais Sobre as Instituições Entrevistadas

Observou-se que em sua maioria, as ações sociais são realizadas por instituições religiosas. A Figura 2.1 apresenta informações referentes às esferas das instituições participantes da pesquisa realizada.

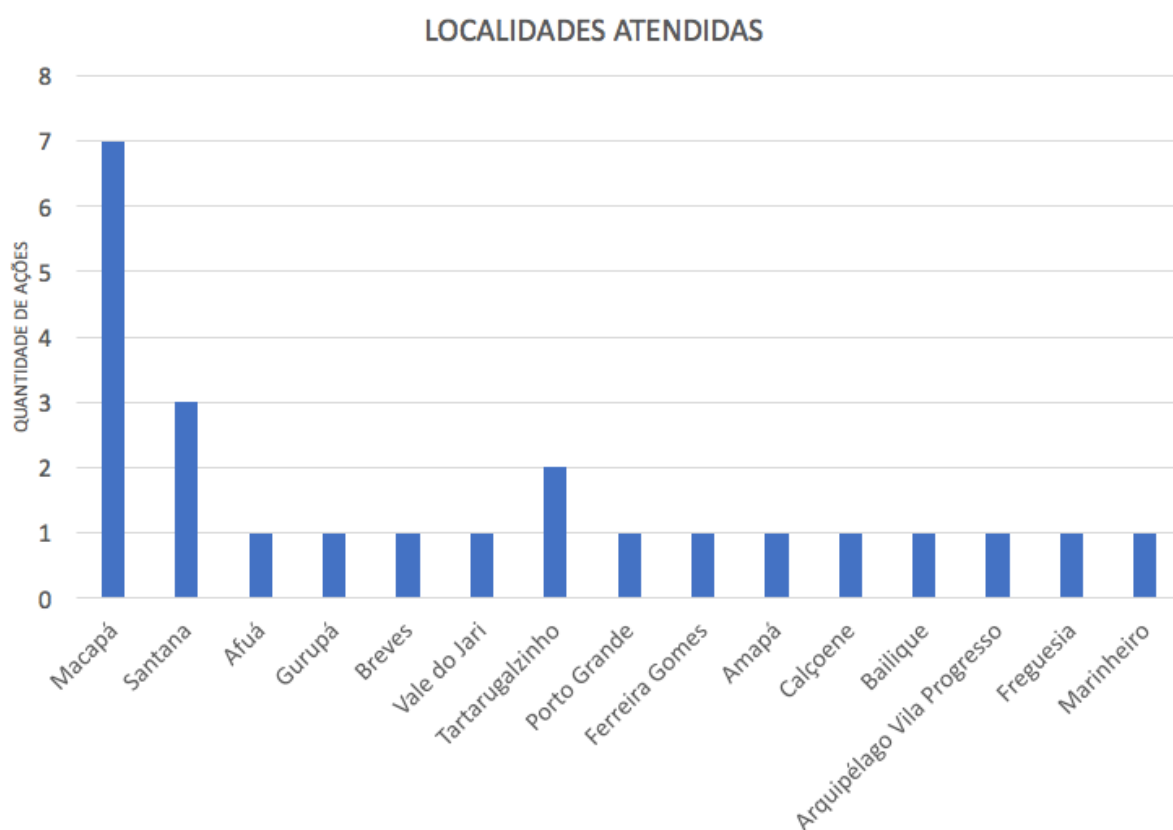
Figura 2.1 – Informações referentes aos tipos de instituições participantes



Fonte: Autoria Própria

Em relação às localidades atendidas, tem-se que não somente são pertencentes ao estado do Amapá, mas também ao estado do Pará e são atendidas pela sua proximidade. As localidades pertencentes ao estado do Pará são Afuá, Gurupá e Breves. A Figura 2.2 traz informações referentes às localidades atendidas.

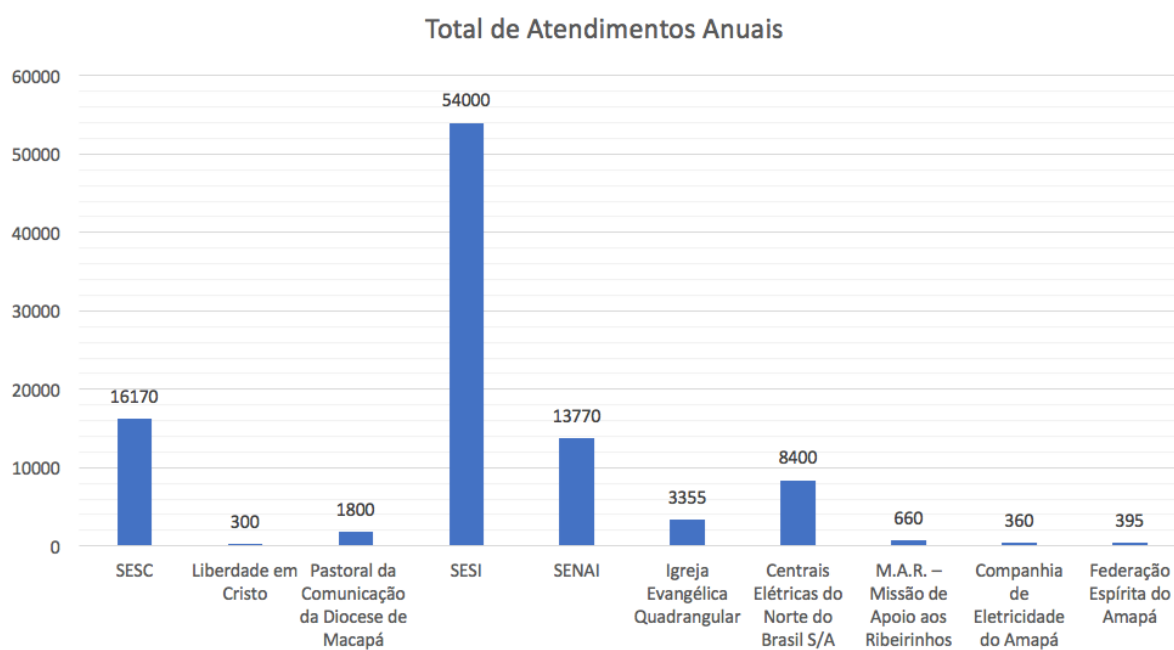
Figura 2.2 – Informações referentes às localidades atendidas



Fonte: Autoria Própria

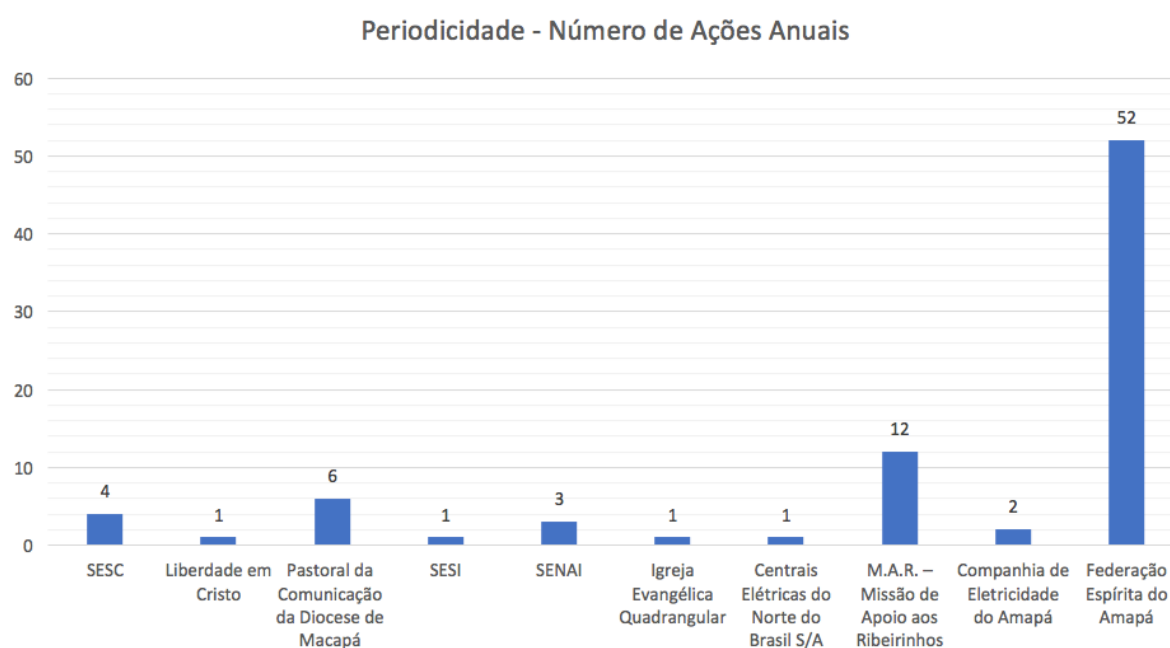
Os dados sobre os atendimentos anuais e a periodicidade das ações são apresentados pela Figura 2.3 e pela Figura 2.4, respectivamente.

Figura 2.3 – Informações referentes aos atendimentos anuais das ações



Fonte: Autoria Própria

Figura 2.4 – Informações referentes periodicidade das ações



Fonte: Autoria Própria

Todas as instituições entrevistadas realizam um total de cerca de 99.210 atendimentos anuais, sendo as participantes do Sistema S, SESC, Sesi e SENAI, as que mais atendem anualmente. A maioria das ações são realizadas somente uma vez ao ano e a única instituição que realiza ações semanalmente é a Federação Espírita do Amapá.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Cálculo da Demanda Energética das Ações Sociais

De acordo com as informações colhidas através dos questionários aplicados, foi possível realizar o cálculo da demanda energética de cada ação social realizada pelas instituições entrevistadas, como apresentam detalhadamente o Quadro 3.1, o Quadro 3.2 e o Quadro 3.3. As potências dos equipamentos utilizadas para os cálculos foram colhidas de informações de equipamentos similares que podem ser encontradas online. Mediante às disparidades encontradas entre as demandas energéticas, as ações foram separadas de acordo com seu consumo diário. Sendo assim, as ações foram separadas em três faixas de consumo, consumo até 5.000 Wh/dia, consumo entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia e consumo entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia.

3.1.1 Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia

O Quadro 3.1 e a Figura 3.1 apresentam as instituições cujas ações sociais se encaixaram na categoria até 5.000 Wh/dia, assim como seus equipamentos, suas respectivas potências e consumo diário.

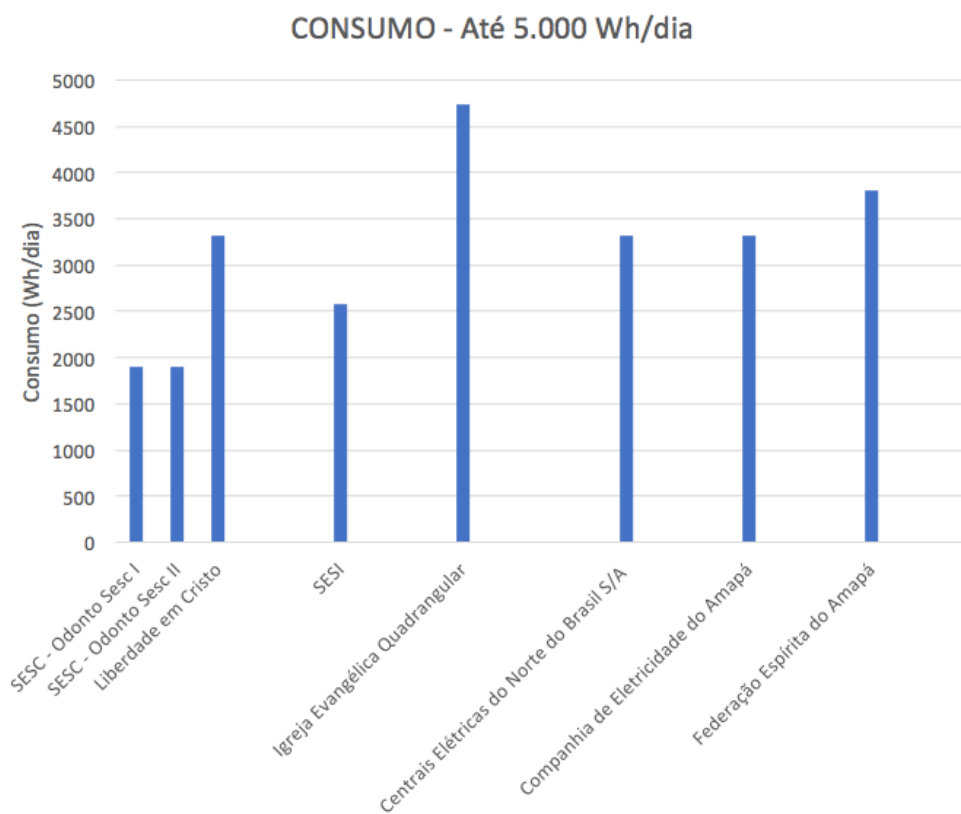
Quadro 3.1 – Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia

Instituição	Projetos	Equipamentos	Potência (W)	Tempo de uso (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
SESC	Odonto Sesc I	Consultório Odontológico	237	8	1.896
	Odonto Sesc II	Consultório Odontológico	237	8	1.896
Liberdade em Cristo	Projeto Céu na Terra	Caixa de Som	175	8	3.320
		Projektor Multimídia	200	8	
		Notebook	40	8	
SESI	Ação Global	Consultório Odontológico	237	8	2.576
		Notebook	40	8	
		Impressora	45	8	

Igreja Evangélica Quadrangular	Projeto Lucas no Amapá	Consultório Odontológico	237	8	4.736
		Máquina de Cortar Cabelo	10	8	
		Computador	300	8	
		Impressora	45	8	
Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A	Campanha de Educação Ambiental nas Comunidades Circunvizinhas às Instalações	Notebook	40	8	3.320
		Projeto Multimídia	200	8	
		Caixa de Som	175	8	
Companhia de Eletricidade do Amapá	Energia na Educação	Notebook	40	8	3.320
		Projeto Multimídia	200	8	
		Caixa de Som	175	8	
Federação Espírita do Amapá	Curso de Habilidades Manuais e Artesanato	5 Máquinas de Costura	350	6	3.800
		5 Pistolas de Cola Quente	50	6	
		Caixa de Som	175	8	

Fonte: Autoria Própria

Figura 3.1 – Ações sociais de carga até 5.000 Wh/dia



Fonte: Autoria Própria

3.1.2 Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia

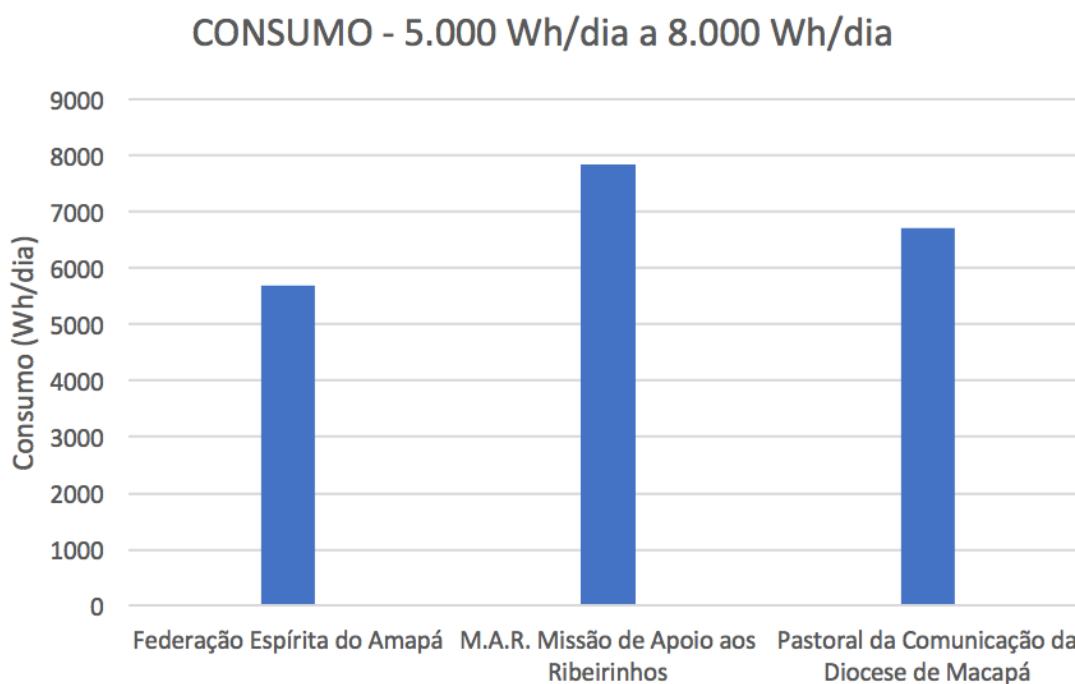
O Quadro 3.2 e a Figura 3.2 contém as instituições e suas ações sociais que se encaixaram na categoria entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia, seus equipamentos, potências e consumo diário.

Quadro 3.2 – Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia

Instituição	Projetos	Equipamentos	Potência (W)	Tempo de uso (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
Pastoral da Comunicação da Diocese de Macapá	Encontros de Famílias	Caixa de Som	175	8	6.716
		Projektor Multimídia	200	8	
		Notebook	40	8	
		Microfone Sem Fio	12	8	
		Freezer Vertical	300	6	
		Geladeira Simples	250	6	
M.A.R. Missão de Apoio aos Ribeirinhos	Missão de Apoio aos Ribeirinhos	Secador de Cabelo	1.900	4	7.830
		Prancha Modeladora	25	6	
		Máquina de Cortar Cabelo	10	8	
Federação Espírita do Amapá	DECAE: Desenvolvimento Criativo e Apoio Escolar	Televisão	37	8	5.696
		Caixa de Som	175	8	
		Projektor Multimídia	200	8	
		Computador	300	8	

Fonte: Autoria Própria

Figura 3.2 – Ações sociais de carga entre 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia



Fonte: Autoria Própria

3.1.3 Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

O Quadro 3.3 e a Figura 3.3 incluem as instituições e ações sociais que se encaixaram na categoria de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia, além de seus equipamentos, potências e consumo diário.

Quadro 3.3 – Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

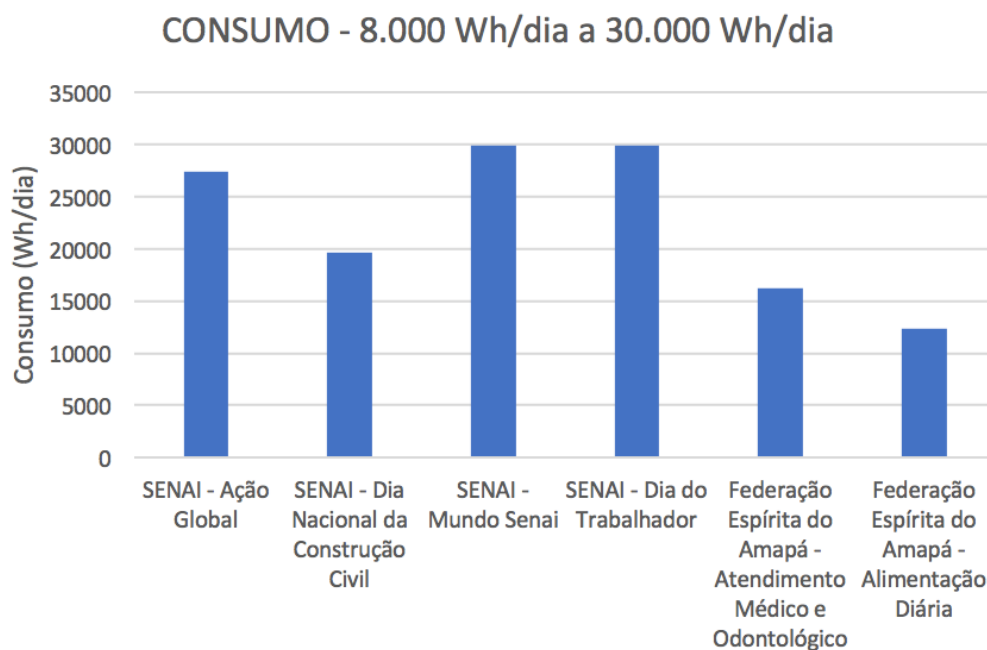
Instituição	Projetos	Equipamentos	Potência (W)	Tempo de uso (h/dia)	Consumo (Wh/dia)
SENAI	Ação Global	Betoneira	735,5	4	27.438
		Furadeira de Grande Impacto	810	4	
		Serra Elétrica	1.400	4	
		Platina Elétrica	750	4	
		Computador	300	8	
		25 Notebooks	1.000	8	
		Impressora	45	8	
		TV	37	8	

		Projeto Multimídia	200	8	
	Dia Nacional da Construção Civil	Bitoneira	735,5	4	19.630
		Furadeira de Grande Impacto	810	4	
		Serra Elétrica	1.400	4	
		Plano Elétrica	750	4	
		2 Computadores	600	8	
		2 Câmeras	6	8	
		Bitoneira	735,5	4	29.886
	Mundo Senai	Furadeira de Grande Impacto	810	4	
		Serra Elétrica	1.400	4	
		Plano Elétrica	750	4	
		2 Computadores	600	8	
		2 Câmeras	6	8	
		25 Notebooks	1.000	8	
		Impressora	45	8	
		TV	37	8	
		Projeto Multimídia	200	8	
		Bitoneira	735,5	4	29.886
	Dia do Trabalhador	Furadeira de Grande Impacto	810	4	
		Serra Elétrica	1.400	4	
		Plano Elétrica	750	4	
		2 Computadores	600	8	
		2 Câmeras	6	8	
		25 Notebooks	1.000	8	
		Impressora	45	8	
		TV	37	8	
		Projeto Multimídia	200	8	
Federação Espírita do Amapá	Atendimento Médico e Odontológico	Geladeira Simples	250	6	16.196
		Consultório Odontológico	237	8	
		Autoclave	1.600	8	
	Alimentação Diária	Freezer Vertical	300	6	12.300
		Geladeira Simples	250	6	
		Liquidificador	900	2	

		Batedeira	400	2	
		Espremedor de Laranja	200	2	
		Forno Elétrico	1.500	4	

Fonte: Autoria Própria

Figura 3.3 – Ações sociais de carga entre 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia



Fonte: Autoria Própria

3.2 Dimensionamento e Análise Econômico-Financeira dos Sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

Já que as ações foram discriminadas em três faixas de consumo diário, foram dimensionados três sistemas com especificações diferentes denominados sistema 5.000 Wh/dia, sistema 8.000 Wh/dia e sistema 30.000 Wh/dia. O Quadro 3.4 apresenta as especificações escolhidas para os dimensionamentos que se repetem para todos os sistemas.

Quadro 3.4 – Especificações para o dimensionamento dos sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

-	Gd(0) (Wh/m ²)	LLP = 0,1		LLP = 0,01	
		f	u	f	u
Macapá	6.130	0,9795	0,0154	1,6702	0,1997

Fonte: LORENZO (1994)

3.2.1 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 5.000 Wh/dia – LLP = 0,1

Primeiramente, calculou-se o consumo diário de cada ação multiplicando-se a potência dos equipamentos utilizados pelas horas de uso. Essa informação de consumo diário é apresentada pelo Quadro 3.1. Portanto, o consumo diário escolhido para esse sistema, que engloba todas as ações do Quadro 3.1, foi de 5.000 Wh/dia.

Como todos os equipamentos utilizados pelas ações sociais até 5.000 Wh/dia são em CA, desprezou-se a parcela da Equação 1.1 referente à carga em CC e logo a energia ativa necessária diariamente, L (Wh/dia), resultou no valor apresentado pela Equação 3.1. Para o valor da eficiência bateria, η_{bat} (%), utilizou-se 0,86 e para o valor da eficiência do inversor, η_{inv} (%), utilizou-se 0,9 devido à eficiência do inversor escolhido, o Inversor Xantrex PROwatt SW 600 W. O projeto social de maior potência para o sistema 5.000 Wh/dia foi o Projeto Lucas no Amapá com uma potência de 592 W, portanto foi escolhido um inversor de 600 W.

$$L = \frac{5.000}{0,86 \times 0,9} = 6.459,95 \text{ Wh/dia} \quad (3.1)$$

Ressalta-se que a tensão do sistema para todos os dimensionamentos e sistemas propostos neste trabalho foi 12 V para facilitação dos cálculos. Assim, considerando um sistema de 12 V, pôde-se calcular o valor de L em Ah/dia, que é o Q_M , através da Equação 3.2.

$$Q_M = \frac{6.459,95}{12} = 538,33 \text{ Ah/dia} \quad (3.2)$$

Propondo que as ações sociais no estado do Amapá sejam realizadas no período de baixa precipitação, entre os meses de agosto e novembro, a quantidade de horas de sol pleno no plano do módulo fotovoltaico, HSP (h/dia), escolhida foi a média da irradiação diária média de tais meses, o equivalente a 6,13 h/dia e consequentemente, a $G_d(0) = 6.130,00 \text{ Wh/m}^2$, como exposto pela Quadro 3.4.

Considerou-se um $F_S = 1,25$ e, com o objetivo de projetar um sistema leve e com poucas baterias, a máxima profundidade de descarga da bateria P_d escolhida foi de 80%. Primeiramente, para a LLP de 10% e consequentemente $f = 0,9795$ e $u = 0,0154$, calculou-se vários valores de C_A' , CBI_{c20} e P_m , para variações do valor de C_S , como apresenta a Tabela 3.1, que também traz o valor de CBI_{c20} em Wh.

Tabela 3.1 – Resultados do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1

C_S	CA'	CBI_{c20} (Ah)	CBI_{c20} (Wh)	P_m (Wp)
1,0	0,9795	672,91	8074,94	1.290,278
1,3	0,9756	874,78	10.497,42	1.285,075
2,0	0,9691	1.345,82	16.149,88	1.276,578
2,5	0,9658	1.682,28	20.187,34	1.272,198
3,0	0,9631	2.018,73	24.224,81	1.268,631
3,5	0,9608	2.355,19	28.262,28	1.265,623
4,0	0,9588	2.691,65	32.299,75	1.263,023
4,5	0,9571	3.028,10	36.337,22	1.260,735
5,0	0,9555	3.364,56	40.374,69	1.258,691
5,5	0,9541	3.701,01	44.412,16	1.256,845
6,0	0,9528	4.037,47	48.449,63	1.255,161
6,5	0,9517	4.373,92	52.487,09	1.253,615
8,0	0,9486	5.383,29	64.599,50	1.249,613
10,0	0,9454	6.729,11	80.749,38	1.245,326
12,0	0,9427	8.074,94	96.899,25	1.241,835
14,0	0,9405	9.420,76	113.049,13	1.238,890
16,0	0,9386	10.766,58	129.199,00	1.236,345
18,0	0,9369	12.112,41	145.348,88	1.234,105
25,0	0,9321	16.822,79	201.873,44	1.227,877
35,0	0,9273	23.551,90	282.622,81	1.221,531

Fonte: Autoria Própria

Também para cada arranjo foram calculados os dias de autonomia do sistema, o tempo de carregamento das baterias, sua vida útil e o total de ciclos que cada banco de baterias é capaz de realizar de acordo com a P_d diária, como apresenta a Tabela 3.2. Vale ressaltar que a C_s é igual aos dias de autonomia do banco de baterias e que a vida útil do banco de baterias foi calculada considerando um número total de 200 ciclos anuais.

Tabela 3.2 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 5.000
Wh/dia utilizando LLP = 0,1

C_s	CB1c20 (Ah)	$PD_{diária}$	Dias de Autonomia	Tempo de Carregamento das Baterias	Vida Útil (anos)	Total de Ciclos
1,0	672,91	80%	1	1,0	1,0	176,67
1,3	874,78	62%	1,3	1,3	2,0	343,40
2,0	1.345,82	40%	2	2,1	4,0	745,64
2,5	1.682,28	32%	2,5	2,6	5,0	994,50
3,0	2.018,73	27%	3	3,1	7,0	1.205,00
3,5	2.355,19	23%	3,5	3,6	7,0	1.382,12
4,0	2.691,65	20%	4	4,2	8,0	1.531,84
4,5	3.028,10	18%	4,5	4,7	9,0	1.659,42
5,0	3.364,56	16%	5	5,2	9,0	1.769,09
5,5	3.701,01	15%	5,5	5,8	10,0	1.864,19
6,0	4.037,47	13%	6	6,3	10,0	1.947,34
6,5	4.373,92	12%	6,5	6,8	11,0	2.020,58
8,0	5.383,29	10%	8	8,4	11,0	2.195,61
10,0	6.729,11	8%	10	10,6	12,0	2.359,52
12,0	8.074,94	7%	12	12,7	13,0	2.475,54
14,0	9.420,76	6%	14	14,9	13,0	2.561,88
16,0	10.766,58	5%	16	17,0	14,0	2.628,61
18,0	12.112,41	4%	18	19,2	14,0	2.681,71
25,0	16.822,79	3%	25	26,8	15,0	2.804,58
35,0	23.551,90	2%	35	37,7	15,0	2.898,42

Fonte: Autoria Própria

Os preços e especificações dos componentes escolhidos para o sistema 5.000 Wh/dia são apresentados pela Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Especificações e preços dos componentes do sistema 5.000 Wh/dia

Produto	Preço (R\$)	Especificação
Inversor Xantrex PROwatt SW 600 W	1.199,00	600 W
Painel Solar Fotovoltaico 150 Wp - Yingli Solar YL150P-17b	415,00	150 Wp
Bateria Estacionária Freedom DF3000 (185Ah / 170Ah)	1.099,00	170 Ah
Controlador de Carga Epsolar Viewstar VS3024A 30A 12/24V	349,00	30 A

Fonte: Autoria Própria

Considerou-se a vida útil das baterias apresentada pela Tabela 3.2, a vida útil dos controladores e inversores como sendo de 10 anos e a vida útil dos módulos como sendo de 25 anos, essas de acordo com os fabricantes dos componentes. Ressalta-se que a vida útil dos módulos é também o período de análise do projeto. Sendo assim, considerando uma taxa i de 12% a Tabela 3.4 traz o número de componentes necessários e o custo do ciclo de vida, CCV, para cada combinação.

Tabela 3.4 – Número de componentes e CCV do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1

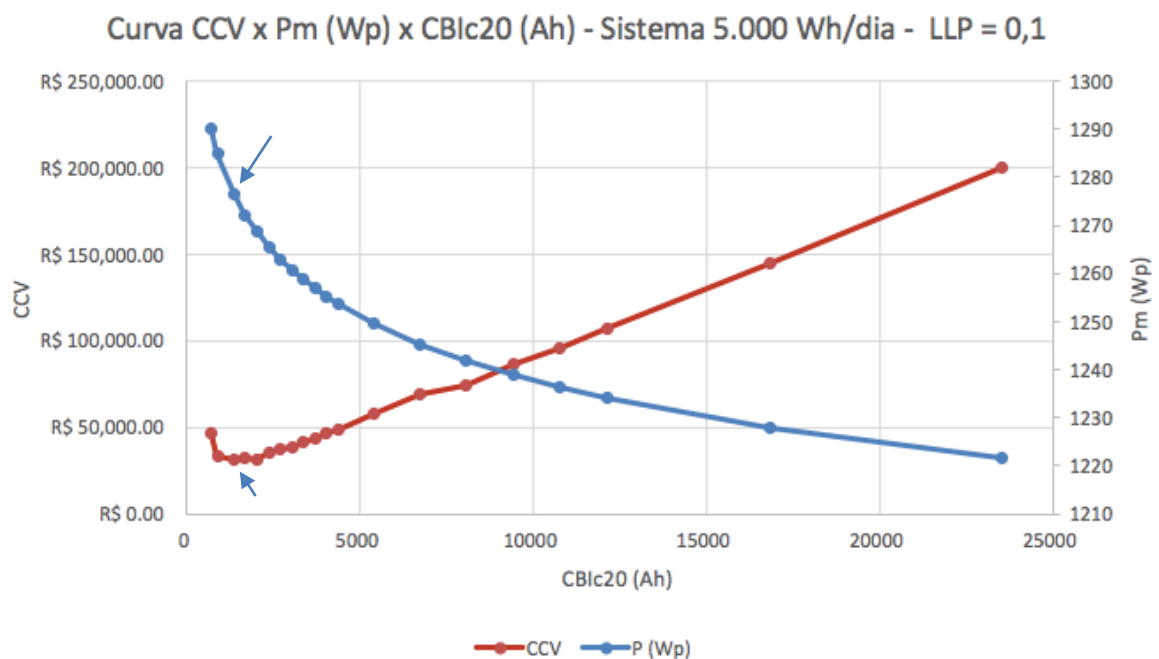
Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	9	4	3	1	R\$ 46.826,71
1,3	9	5	3	1	R\$ 33.710,26
2,0	9	8	3	1	R\$ 31.408,99
2,5	8	10	3	1	R\$ 32.557,62
3,0	8	12	3	1	R\$ 31.244,69
3,5	8	14	3	1	R\$ 35.262,55
4,0	8	16	3	1	R\$ 37.229,38
4,5	8	18	3	1	R\$ 38.177,12
5,0	8	20	3	1	R\$ 41.625,96
5,5	8	22	3	1	R\$ 43.502,99
6,0	8	24	3	1	R\$ 46.808,94
6,5	8	26	3	1	R\$ 48.528,42
8,0	8	32	3	1	R\$ 58.080,16
10,0	8	40	3	1	R\$ 68.725,01
12,0	8	47	3	1	R\$ 74.679,31
14,0	8	55	3	1	R\$ 86.175,78
16,0	8	63	3	1	R\$ 95.972,17
18,0	8	71	3	1	R\$ 107.252,76
25,0	8	99	3	1	R\$ 144.349,51

35.0	8	139	3	1	R\$ 199,788.68
------	---	-----	---	---	----------------

Fonte: Autoria Própria

De posse de tais dados, pode-se relacionar os arranjos no que tange o armazenamento, geração e CCV através da Figura 3.4, que apresenta a curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 5.000 Wh/dia e LLP = 0,1.

Figura 3.4 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 5.000 Wh/dia e LLP = 0,1



Fonte: Autoria Própria

3.2.2 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 5.000 Wh/dia – LLP = 0,01

Os mesmos procedimentos foram realizados considerando as mesmas especificações para a LLP de 1%, sendo $f = 1,6702$ e $u = 0,1997$. Os arranjos são apresentados pela Tabela 3.5, assim como as especificações do banco de baterias são apresentadas pela Tabela 3.6.

Tabela 3.5 – Resultados do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	CA´	CBlc20 (Ah)	CBlc20 (Wh)	Pm (Wp)
1,0	1,6702	672,91	8.074,94	2.200,124
1,3	1,5849	874,78	10.497,42	2.087,818
2,0	1,4543	1.345,82	16.149,88	1.915,718
2,5	1,3909	1.682,28	20.187,34	1.832,224
3,0	1,3412	2.018,73	24.224,81	1.766,713
3,5	1,3005	2.355,19	28.262,28	1.713,156
4,0	1,2663	2.691,65	32.299,75	1.668,076
4,5	1,2369	3.028,10	36.337,22	1.629,298
5,0	1,2111	3.364,56	40.374,69	1.595,375
5,5	1,1883	3.701,01	44.412,16	1.565,297
6,0	1,1678	4.037,47	48.449,63	1.538,333
6,5	1,1493	4.373,92	52.487,09	1.513,939
8,0	1,1026	5.383,29	64.599,50	1.452,446
10,0	1,0546	6.729,11	80.749,38	1.389,144
12,0	1,0168	8.074,94	96.899,25	1.339,475
14,0	0,9860	9.420,76	113.049,13	1.298,869
16,0	0,9601	10.766,58	129.199,00	1.264,691
18,0	0,9378	12.112,41	145.348,88	1.235,291
25,0	0,8782	16.822,79	201.873,44	1.156,854
35,0	0,8211	23.551,90	282.622,81	1.081,675

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.6 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	CBlc20 (Ah)	PD _{diária}	Dias de Autonomia	Tempo de Carregamento das Baterias	Vida Útil (anos)	Total de Ciclos
1,0	672,91	80%	1	0,6	1,0	176,67
1,3	874,78	62%	1,3	0,8	2,0	343,40
2,0	1.345,82	40%	2	1,4	4,0	745,64
2,5	1.682,28	32%	2,5	1,8	5,0	994,50
3,0	2.018,73	27%	3	2,2	7,0	1.205,00
3,5	2.355,19	23%	3,5	2,7	7,0	1.382,12
4,0	2.691,65	20%	4	3,2	8,0	1.531,84
4,5	3.028,10	18%	4,5	3,6	9,0	1.659,42
5,0	3.364,56	16%	5	4,1	9,0	1.769,09
5,5	3.701,01	15%	5,5	4,6	10,0	1.864,19
6,0	4.037,47	13%	6	5,1	10,0	1.947,34
6,5	4.373,92	12%	6,5	5,7	11,0	2.020,58

8,0	5.383,29	10%	8	7,3	11,0	2.195,61
10,0	6.729,11	8%	10	9,5	12,0	2.359,52
12,0	8.074,94	7%	12	11,8	13,0	2.475,54
14,0	9.420,76	6%	14	14,2	13,0	2.561,88
16,0	10.766,58	5%	16	16,7	14,0	2.628,61
18,0	12.112,41	4%	18	19,2	14,0	2.681,71
25,0	16.822,79	3%	25	28,5	15,0	2.804,58
35,0	23.551,90	2%	35	42,6	15,0	2.898,42

Fonte: Autoria Própria

Considerando os mesmos parâmetros e componentes para a análise econômico-financeira, obteve-se a quantidade de equipamentos necessária e o CCV para cada arranjo, o que é apresentado pela Tabela 3.7.

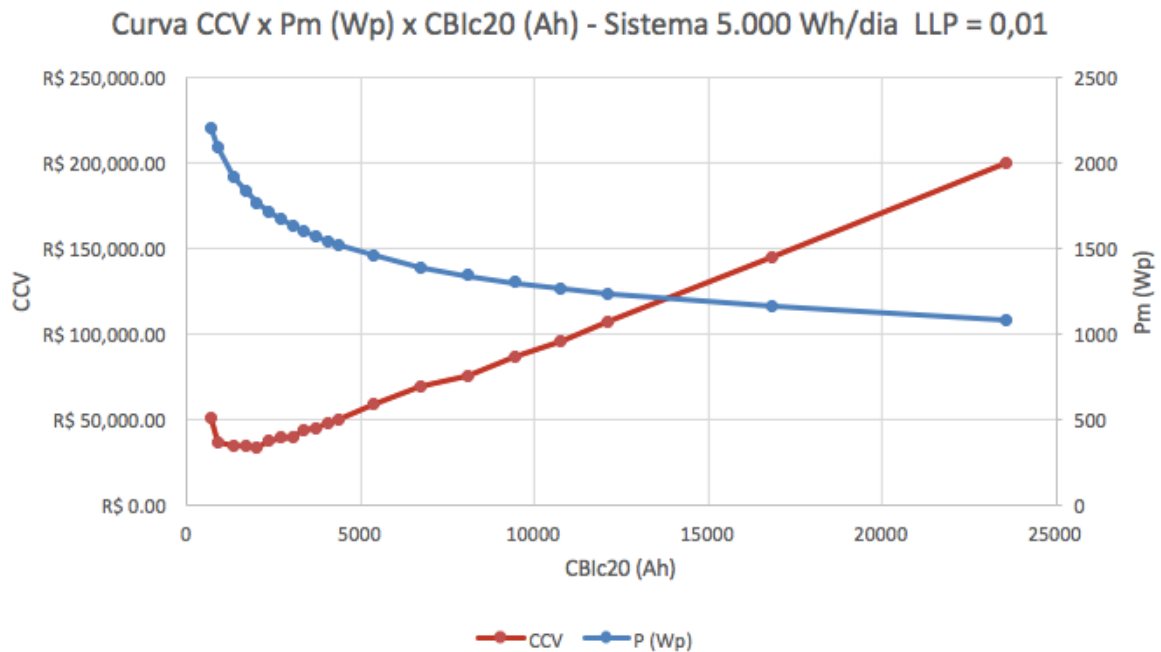
Tabela 3.7 – Número de componentes e CCV do sistema 5.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	15	4	5	1	R\$ 50.696,11
1,3	14	5	5	1	R\$ 37.109,74
2,0	13	8	5	1	R\$ 34.338,54
2,5	12	10	4	1	R\$ 34.962,25
3,0	12	12	4	1	R\$ 33.649,32
3,5	11	14	4	1	R\$ 37.197,25
4,0	11	16	4	1	R\$ 39.164,08
4,5	11	18	4	1	R\$ 40.111,82
5,0	11	20	4	1	R\$ 43.560,66
5,5	10	22	4	1	R\$ 44.967,77
6,0	10	24	4	1	R\$ 48.273,72
6,5	10	26	4	1	R\$ 49.993,20
8,0	10	32	3	1	R\$ 59.020,02
10,0	9	40	3	1	R\$ 69.194,94
12,0	9	47	3	1	R\$ 75.149,23
14,0	9	55	3	1	R\$ 86.645,70
16,0	8	63	3	1	R\$ 95.972,17
18,0	8	71	3	1	R\$ 107.252,76
25,0	8	99	3	1	R\$ 144.349,51
35,0	7	139	3	1	R\$ 199.318,75

Fonte: Autoria Própria

Relacionando-se os arranjos tem-se a curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) através da Figura 3.5, para o sistema 5.000 Wh/dia e $LLP = 0,01$.

Figura 3.5 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 5.000 Wh/dia e $LLP = 0,01$



Fonte: Autoria Própria

Observou-se através das Tabelas 3.1 e 3.5 a diferença existente entre a utilização da $LLP = 0,1$ e da $LLP = 0,01$. Já que se trata de probabilidade de perda de carga, quanto maior a LLP , menor a confiabilidade do sistema e consequentemente menor o valor da P_m necessário. Tal afirmação é coerente até uma $C_s = 18$, no qual as potências para ambas probabilidades de carga praticamente se igualam.

Pôde-se observar ainda nas Tabelas 3.1 e 3.5, que devido à utilização de diferente LLP , a potência necessária para o sistema de maior confiabilidade, $LLP = 0,01$, chega a ser cerca de 71% maior do que para uma LLP de 0,1 considerando $C_s = 1$. Tal fato acarreta no aumento do custo do projeto. Comparando para uma $C_s = 2$, as Tabelas 3.4 e 3.7 mostram que o CCV para uma LLP de 0,01 pode ser cerca de 10% maior do que para uma LLP de 0,1.

Para o presente trabalho, escolheu-se dimensionar os sistemas utilizando a $LLP = 0,1$ levando em consideração que não há necessidade de alta confiabilidade,

tendo em vista que o período do ano escolhido como sendo o período de utilização do sistema é de baixa precipitação e assim alta irradiação e geração.

Das combinações calculadas para a $LLP = 0,1$, escolheu-se a que está em destaque na Tabela 3.1, que é referente a uma $C_s = 2$. A escolha do melhor arranjo $P_m \times CBI_{c20}$ baseou-se na particularidade do trabalho em questão que é a mobilidade e também na disponibilidade solar considerada em termos de HSP .

Pela necessidade de um sistema leve, optou-se por um banco de baterias menor e pela grande disponibilidade solar, optou-se por uma potência P_m alta. Logo, tal arranjo é capaz de carregar as baterias durante aproximadamente 2,1 dias e assim o sistema estará pronto para outra ação social de duração de 2 dias, média de duração das ações participantes, em um curto período de carga. Outro fator preponderante para a escolha de tal arranjo foi seu CCV, o qual é o segundo arranjo mais barato e assim será mais facilmente colocado em prática sem a necessidade de altos valores de investimento.

A periodicidade de troca dos itens do sistema considerada para os cálculos de CCV foi de acordo com as Tabelas 3.2 e 3.6 para as baterias e dez anos para os controladores de carga e inversores. Não foram consideradas trocas de módulos fotovoltaicos pela sua vida útil ser o período considerado para o projeto, 25 anos. Para o custo de operação e manutenção anual, foi considerado 1% do investimento inicial, e para o custo da estrutura para os módulos fotovoltaicos, foi considerado 5% do valor dos módulos.

3.2.3 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 8.000 Wh/dia

O consumo diário escolhido para esse sistema foi 8.000 Wh/dia. Utilizando os valores do Quadro 3.2, calculou-se o valor de L e Q_M , através da Equação 3.3 e da Equação 3.4, respectivamente. Considerou-se também $V_{sis} = 12 V$, $\eta_{bat} = 0,86$ e $\eta_{inv} = 0,954$, que é a eficiência do inversor escolhido para o sistema 8.000 Wh/dia, o Inversor Carregador XW Schneider 6000 W. A ação social de maior potência para o sistema 8.000 Wh/dia foi a Missão de Apoio aos Ribeirinhos com uma potência de pico, ao considerar o triplo das potências dos equipamentos com motor, de 5.755 W, portanto foi escolhido um inversor de 6.000 W.

$$L = \frac{8.000}{0,86 \times 0,954} = 9.750,87 \text{ Wh/dia} \quad (3.3)$$

$$Q_M = \frac{9.750,87}{12} = 812,57 \text{ Ah/dia} \quad (3.4)$$

A partir dos dados do Quadro 3.4 e realizando as mesmas considerações do sistema 5.000 Wh/dia quanto à $G_d(0)$, F_S e P_d , calculou-se vários valores de C_A' , CBI_{c20} e P_m , para variações do valor de C_S .

Os possíveis arranjos para LLP = 0,1 e para LLP = 0,01 são apresentados pelas Tabelas 3.8 e 3.9, respectivamente.

Tabela 3.8 – Resultados do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1

Cs	CA'	CBIc20 (Ah)	CBIc20 (Wh)	Pm (Wp)
1,0	0,9795	1.015,72	12.188,59	1.947,589
1,3	0,9756	1.320,43	15.845,16	1.939,736
2,0	0,9691	2.031,43	24.377,18	1.926,910
2,5	0,9658	2.539,29	30.471,47	1.920,300
3,0	0,9631	3.047,15	36.565,76	1.914,916
3,5	0,9608	3.555,00	42.660,06	1.910,375
4,0	0,9588	4.062,86	48.754,35	1.906,451
4,5	0,9571	4.570,72	54.848,64	1.902,996
5,0	0,9555	5.078,58	60.942,94	1.899,911
5,5	0,9541	5.586,44	67.037,23	1.897,124
6,0	0,9528	6.094,29	73.131,53	1.894,584
6,5	0,9517	6.602,15	79.225,82	1.892,250
8,0	0,9486	8.125,73	97.508,70	1.886,209
10,0	0,9454	10.157,16	121.885,88	1.879,738
12,0	0,9427	12.188,59	146.263,05	1.874,468
14,0	0,9405	14.220,02	170.640,23	1.870,023
16,0	0,9386	16.251,45	195.017,40	1.866,182
18,0	0,9369	18.282,88	219.394,58	1.862,800
25,0	0,9321	25.392,89	304.714,69	1.853,400
35,0	0,9273	35.550,05	426.600,56	1.843,821

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.9 – Resultados do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	CA´	CBlc20 (Ah)	CBlc20 (Wh)	Pm (Wp)
1,0	1,6702	1.015,72	12.188,59	3.320,943
1,3	1,5849	1.320,43	15.845,16	3.151,424
2,0	1,4543	2.031,43	24.377,18	2.891,650
2,5	1,3909	2.539,29	30.471,47	2.765,622
3,0	1,3412	3.047,15	36.565,76	2.666,738
3,5	1,3005	3.555,00	42.660,06	2.585,896
4,0	1,2663	4.062,86	48.754,35	2.517,851
4,5	1,2369	4.570,72	54.848,64	2.459,319
5,0	1,2111	5.078,58	60.942,94	2.408,114
5,5	1,1883	5.586,44	67.037,23	2.362,713
6,0	1,1678	6.094,29	73.131,53	2.322,013
6,5	1,1493	6.602,15	79.225,82	2.285,191
8,0	1,1026	8.125,73	97.508,70	2.192,372
10,0	1,0546	10.157,16	121.885,88	2.096,821
12,0	1,0168	12.188,59	146.263,05	2.021,850
14,0	0,9860	14.220,02	170.640,23	1.960,558
16,0	0,9601	16.251,45	195.017,40	1.908,968
18,0	0,9378	18.282,88	219.394,58	1.864,590
25,0	0,8782	25.392,89	304.714,69	1.746,195
35,0	0,8211	35.550,05	426.600,56	1.632,717

Fonte: Autoria Própria

Na Tabela 3.10 são apresentadas as especificações quanto ao sistema de armazenamento para as duas probabilidades de carga. Observa-se que a única diferença é no tempo de carregamento, já que a LLP = 0,01 dispõe de maior potência instalada, pelo menos até uma $C_s = 18$, e portanto, tem carregamento mais rápido.

Tabela 3.10 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 8.000 Wh/dia

Cs	CBlc20 (Ah)	PD _{diária}	Dias de Autonomia	Tempo de Carregamento das Baterias – LLP = 0,1 (dias)	Tempo de Carregamento das Baterias – LLP = 0,01 (dias)	Vida Útil (anos)
1,0	1.015,72	80%	1	1,0	0,6	1,0
1,3	1.320,43	62%	1,3	1,3	0,8	2,0

2,0	2.031,43	40%	2	2,1	1,4	4,0
2,5	2.539,29	32%	2,5	2,6	1,8	5,0
3,0	3.047,15	27%	3	3,1	2,2	7,0
3,5	3.555,00	23%	3,5	3,6	2,7	7,0
4,0	4.062,86	20%	4	4,2	3,2	8,0
4,5	4.570,72	18%	4,5	4,7	3,6	9,0
5,0	5.078,58	16%	5	5,2	4,1	9,0
5,5	5.586,44	15%	5,5	5,8	4,6	10,0
6,0	6.094,29	13%	6	6,3	5,1	10,0
6,5	6.602,15	12%	6,5	6,8	5,7	11,0
8,0	8.125,73	10%	8	8,4	7,3	11,0
10,0	10.157,16	8%	10	10,6	9,5	12,0
12,0	12.188,59	7%	12	12,7	11,8	13,0
14,0	14.220,02	6%	14	14,9	14,2	13,0
16,0	16.251,45	5%	16	17,0	16,7	14,0
18,0	18.282,88	4%	18	19,2	19,2	14,0
25,0	25.392,89	3%	25	26,8	28,5	15,0
35,0	35.550,05	2%	35	37,7	42,6	15,0

Fonte: Autoria Própria

As especificações e preços dos componentes escolhidos para o sistema 8.000 Wh/dia são apresentados pela Tabela 3.11.

Tabela 3.11 – Especificações e preços dos componentes do sistema 8.000 Wh/dia

Produto	Preço (R\$)	Especificação
Inversor Carregador XW Schneider 6000 W	17.900,00	6000 W
Painel Solar Fotovoltaico Yingli YL250P 29b (250Wp)	889,00	250 Wp
Bateria Estacionária Freedom DF4001 (240Ah / 220Ah)	1.289,00	240 Ah
Controlador de Carga MPPT Epsolar New Tracer-4215BN 40A 12/24V	1.056,56	40 A

Fonte: Autoria Própria

Para o cálculo do CCV de cada arranjo, utilizou-se a vida útil das baterias de acordo com a Tabela 3.10 e a vida útil dos outros componentes foi considerada a mesma do sistema 5.000 Wh/dia. O CCV e o número de componentes necessários para cada combinação são apresentados pelas Tabelas 3.12 e 3.13.

Tabela 3.12 – Número de componentes e CCV do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1

Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	8	6	2	1	R\$ 107.153,88
1,3	8	6	2	1	R\$ 74.893,11
2,0	8	10	2	1	R\$ 73.049,98
2,5	8	12	2	1	R\$ 73.932,22
3,0	8	14	2	1	R\$ 71.141,82
3,5	8	16	2	1	R\$ 75.854,30
4,0	8	18	2	1	R\$ 77.860,46
4,5	8	20	2	1	R\$ 78.605,36
5,0	8	22	2	1	R\$ 82.650,45
5,5	8	24	2	1	R\$ 84.684,41
6,0	8	26	2	1	R\$ 88.561,90
6,5	8	28	2	1	R\$ 90.435,52
8,0	8	34	2	1	R\$ 101.638,61
10,0	8	44	2	1	R\$ 117.612,92
12,0	7	52	2	1	R\$ 124.793,98
14,0	7	60	2	1	R\$ 138.278,01
16,0	7	68	2	1	R\$ 149.609,80
18,0	7	78	2	1	R\$ 166.148,33
25,0	7	106	2	1	R\$ 209.460,71
35,0	7	150	2	1	R\$ 280.986,83

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.13 – Número de componentes e CCV do sistema 8.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	13	6	4	1	R\$ 115.365,47
1,3	13	6	4	1	R\$ 83.104,70
2,0	12	10	3	1	R\$ 78.665,77
2,5	11	12	3	1	R\$ 78.541,34
3,0	11	14	3	1	R\$ 75.750,95
3,5	10	16	3	1	R\$ 79.456,77
4,0	10	18	3	1	R\$ 81.462,93
4,5	10	20	3	1	R\$ 82.207,83
5,0	10	22	3	1	R\$ 86.252,92
5,5	9	24	3	1	R\$ 87.280,21
6,0	9	26	3	1	R\$ 91.157,71
6,5	9	28	3	1	R\$ 93.031,33
8,0	9	34	2	1	R\$ 102.645,27
10,0	8	44	2	1	R\$ 117.612,92
12,0	8	52	2	1	R\$ 125.800,64
14,0	8	60	2	1	R\$ 139.284,67

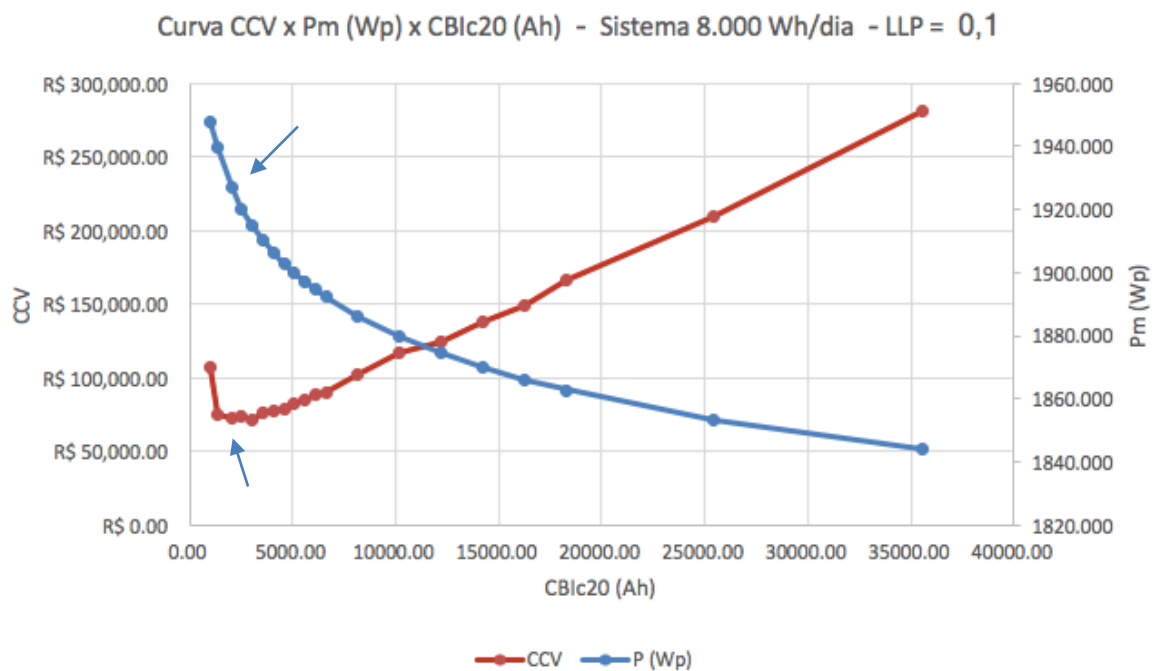
16,0	8	68	2	1	R\$ 150.616,46
18,0	7	78	2	1	R\$ 166.148,33
25,0	7	106	2	1	R\$ 209.460,71
35,0	7	150	2	1	R\$ 280.986,83

Fonte: Autoria Própria

Constatou-se novamente que o sistema para $LLP = 0,01$ se torna mais oneroso que o sistema considerando uma $LLP = 0,1$, chegando a ser cerca de 10% mais caro. Essa diferença decorre da necessidade de mais módulos fotovoltaicos, como pode ser observado nas Tabelas 3.12 e 3.13. Pode-se observar também que a $LLP = 0,01$ para uma $C_S = 35$ chega a ter o mesmo custo que o sistema de $LLP = 0,1$, porém tem um número grande de baterias necessárias, cerca de 150 baterias.

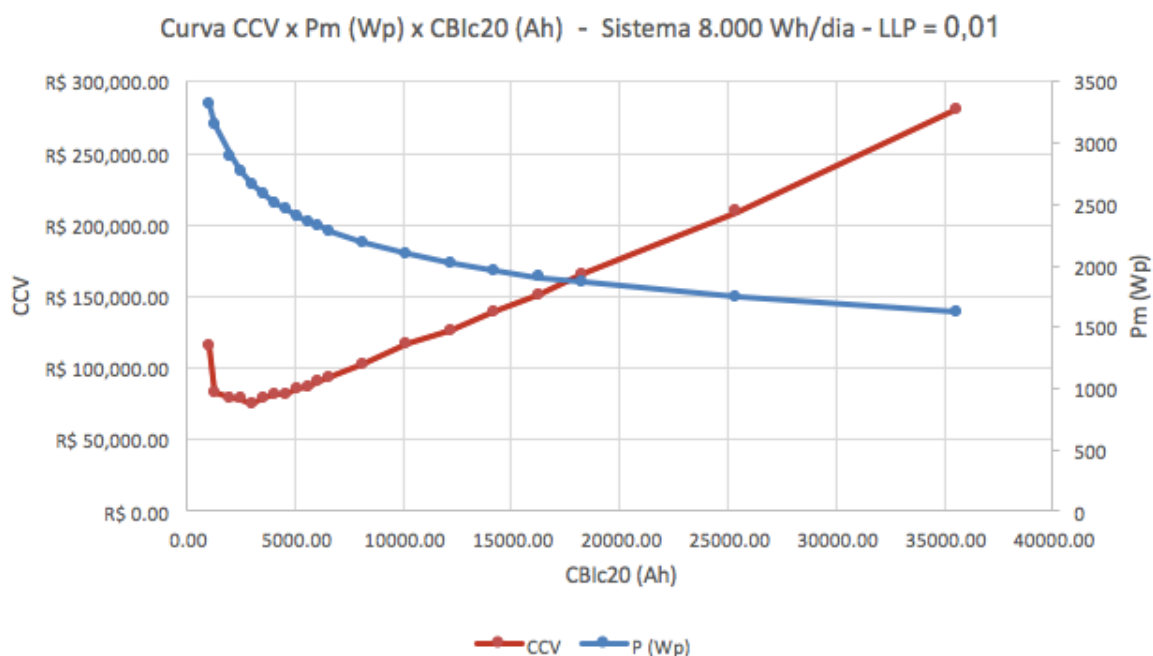
A curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para $LLP = 0,1$ é apresentada pela Figura 3.6 e a para $LLP = 0,01$, pela Figura 3.7.

Figura 3.6 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 8.000 Wh/dia e $LLP = 0,1$



Fonte: Autoria Própria

Figura 3.7 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 8.000 Wh/dia e LLP = 0,01



Fonte: Autoria Própria

Dos arranjos calculados para a LLP = 0,1, escolheu-se o que está em destaque na Tabela 3.8, que é referente a uma $C_s = 2$. A escolha do melhor arranjo $P_m \times CBI_{c20}$ baseou-se nos dias de autonomia, nesse caso também 2 dias, e no peso do sistema, já que esse arranjo tem somente 10 baterias. Portanto, tem-se um sistema razoavelmente leve, passível de ser um sistema móvel, e um sistema não muito oneroso, sendo que tal combinação corresponde à segunda opção de menor custo.

3.2.4 Dimensionamento e Análise Econômico-financeira do Sistema 30.000 Wh/dia

Para esse sistema foi escolhido o consumo diário de 30.000 Wh/dia, já que a ação com maior consumo diário consome 29.886 Wh/dia. Considerando os valores do Quadro 3.3, os valores de L e Q_M foram calculados através da Equação 3.5 e da Equação 3.6, respectivamente. Considerou-se $V_{sis} = 12 V$, $\eta_{bat} = 0,86$ e $\eta_{inv} = 0,98$, que é a eficiência do inversor escolhido, o Inversor Fronius Symo 15.0-3-M (15.000W). As ações sociais de maior potência para o sistema 30.000 Wh/dia foram a Mundo

SENAI e a Dia do Trabalhador com uma potência de pico, ao considerar o triplo das potências dos equipamentos com motor, de 12.974,5 W, portanto foi escolhido um inversor de 15.000 W.

$$L = \frac{30.000}{0,86 \times 0,98} = 35.595,63 \text{ Wh/dia} \quad (3.5)$$

$$Q_M = \frac{35.595,63}{12} = 2.966,30 \text{ Ah/dia} \quad (3.6)$$

Realizadas as mesmas considerações quanto à $G_d(0)$, F_S e P_d e utilizando os dados do Quadro 3.4, foram calculados vários valores de C_A' , $CBIC_{20}$ e P_m , para variações do valor de C_S .

As possíveis combinações para $LLP = 0,1$ e $LLP = 0,01$ são apresentadas pelas Tabelas 3.14 e 3.15, respectivamente.

Tabela 3.14 – Resultados do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia utilizando $LLP = 0,1$

C_S	C_A'	$CBIC_{20}$ (Ah)	$CBIC_{20}$ (Wh)	P_m (Wp)
1,0	0,9795	3.707,88	44.494,54	7.109,690
1,3	0,9756	4.820,24	57.842,90	7.081,022
2,0	0,9691	7.415,76	88.989,08	7.034,201
2,5	0,9658	9.269,70	111.236,34	7.010,071
3,0	0,9631	11.123,63	133.483,61	6.990,416
3,5	0,9608	12.977,57	155.730,88	6.973,841
4,0	0,9588	14.831,51	177.978,15	6.959,514
4,5	0,9571	16.685,45	200.225,42	6.946,902
5,0	0,9555	18.539,39	222.472,69	6.935,640
5,5	0,9541	20.393,33	244.719,96	6.925,467
6,0	0,9528	22.247,27	266.967,23	6.916,193
6,5	0,9517	24.101,21	289.214,49	6.907,673
8,0	0,9486	29.663,03	355.956,30	6.885,620
10,0	0,9454	37.078,78	444.945,38	6.861,999
12,0	0,9427	44.494,54	533.934,45	6.842,759
14,0	0,9405	51.910,29	622.923,53	6.826,535
16,0	0,9386	59.326,05	711.912,60	6.812,511
18,0	0,9369	66.741,81	800.901,68	6.800,165

25,0	0,9321	92.696,95	1.112.363,44	6.765,850
35,0	0,9273	129.775,73	1.557.308,81	6.730,883

Fonte: Autoria Própria

Tabela 3.15 – Resultados do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	CA´	CBlc20 (Ah)	CBlc20 (Wh)	Pm (Wp)
1,0	1,6702	3.707,88	44.494,54	12.123,128
1,3	1,5849	4.820,24	57.842,90	11.504,300
2,0	1,4543	7.415,76	88.989,08	10.555,991
2,5	1,3909	9.269,70	111.236,34	10.095,924
3,0	1,3412	11.123,63	133.483,61	9.734,947
3,5	1,3005	12.977,57	155.730,88	9.439,833
4,0	1,2663	14.831,51	177.978,15	9.191,435
4,5	1,2369	16.685,45	200.225,42	8.977,764
5,0	1,2111	18.539,39	222.472,69	8.790,840
5,5	1,1883	20.393,33	244.719,96	8.625,103
6,0	1,1678	22.247,27	266.967,23	8.476,526
6,5	1,1493	24.101,21	289.214,49	8.342,110
8,0	1,1026	29.663,03	355.956,30	8.003,273
10,0	1,0546	37.078,78	444.945,38	7.654,463
12,0	1,0168	44.494,54	533.934,45	7.380,779
14,0	0,9860	51.910,29	622.923,53	7.157,032
16,0	0,9601	59.326,05	711.912,60	6.968,703
18,0	0,9378	66.741,81	800.901,68	6.806,703
25,0	0,8782	92.696,95	1.112.363,44	6.374,499
35,0	0,8211	129.775,73	1.557.308,81	5.960,248

Fonte: Autoria Própria

As especificações quanto ao sistema de armazenamento para as duas probabilidades de carga podem ser encontradas na Tabela 3.16.

Tabela 3.16 – Especificações do banco de baterias do dimensionamento do sistema 30.000 Wh/dia

Cs	CBlc20 (Ah)	PD _{diária}	Dias de Autonomia	Tempo de Carregamento das Baterias – LLP = 0,1 (dias)	Tempo de Carregamento das Baterias – LLP = 0,01 (dias)	Vida Útil (anos)
----	-------------	----------------------	-------------------	---	--	------------------

1,0	3.707,88	80%	1	1,0	0,6	1,0
1,3	4.820,24	62%	1,3	1,3	0,8	2,0
2,0	7.415,76	40%	2	2,1	1,4	4,0
2,5	9.269,70	32%	2,5	2,6	1,8	5,0
3,0	11.123,63	27%	3	3,1	2,2	7,0
3,5	12.977,57	23%	3,5	3,6	2,7	7,0
4,0	14.831,51	20%	4	4,2	3,2	8,0
4,5	16.685,45	18%	4,5	4,7	3,6	9,0
5,0	18.539,39	16%	5	5,2	4,1	9,0
5,5	20.393,33	15%	5,5	5,8	4,6	10,0
6,0	22.247,27	13%	6	6,3	5,1	10,0
6,5	24.101,21	12%	6,5	6,8	5,7	11,0
8,0	29.663,03	10%	8	8,4	7,3	11,0
10,0	37.078,78	8%	10	10,6	9,5	12,0
12,0	44.494,54	7%	12	12,7	11,8	13,0
14,0	51.910,29	6%	14	14,9	14,2	13,0
16,0	59.326,05	5%	16	17,0	16,7	14,0
18,0	66.741,81	4%	18	19,2	19,2	14,0
25,0	92.696,95	3%	25	26,8	28,5	15,0
35,0	129.775,73	2%	35	37,7	42,6	15,0

Fonte: Autoria Própria

Os componentes escolhidos para o sistema 30.000 Wh/dia foram os mesmos para o sistema 8.000 Wh/dia, o único componente diferente foi o Inversor Fronius Symo 15.0-3-M (15.000W) que custa R\$ 20.390,00.

Para o cálculo do CCV de cada combinação, foram considerados os mesmos intervalos de troca de equipamentos dos sistemas 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia. As Tabelas 3.17 e 3.18 apresentam o CCV e o número de componentes necessários para cada combinação para LLP = 0,1 e LLP = 0,01, respectivamente.

Tabela 3.17 – Número de componentes e CCV do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,1

Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	28	16	8	1	R\$ 255.566,15
1,3	28	22	8	1	R\$ 206.276,08
2,0	28	32	8	1	R\$ 183.233,37
2,5	28	40	8	1	R\$ 190.826,88
3,0	28	48	8	1	R\$ 184.667,22
3,5	28	56	8	1	R\$ 203.517,15
4,0	28	62	8	1	R\$ 208.332,82
4,5	28	70	8	1	R\$ 213.145,86

5,0	28	78	8	1	R\$ 229.326,22
5,5	28	86	8	1	R\$ 238.300,01
6,0	28	94	8	1	R\$ 253.809,99
6,5	28	102	8	1	R\$ 262.020,14
8,0	28	124	8	1	R\$ 303.098,12
10,0	27	156	8	1	R\$ 352.277,41
12,0	27	186	8	1	R\$ 384.064,69
14,0	27	218	8	1	R\$ 438.000,80
16,0	27	248	8	1	R\$ 480.716,56
18,0	27	280	8	1	R\$ 533.639,86
25,0	27	388	8	1	R\$ 701.291,31
35,0	27	542	8	1	R\$ 951.632,72

Fonte: Autoria Própria

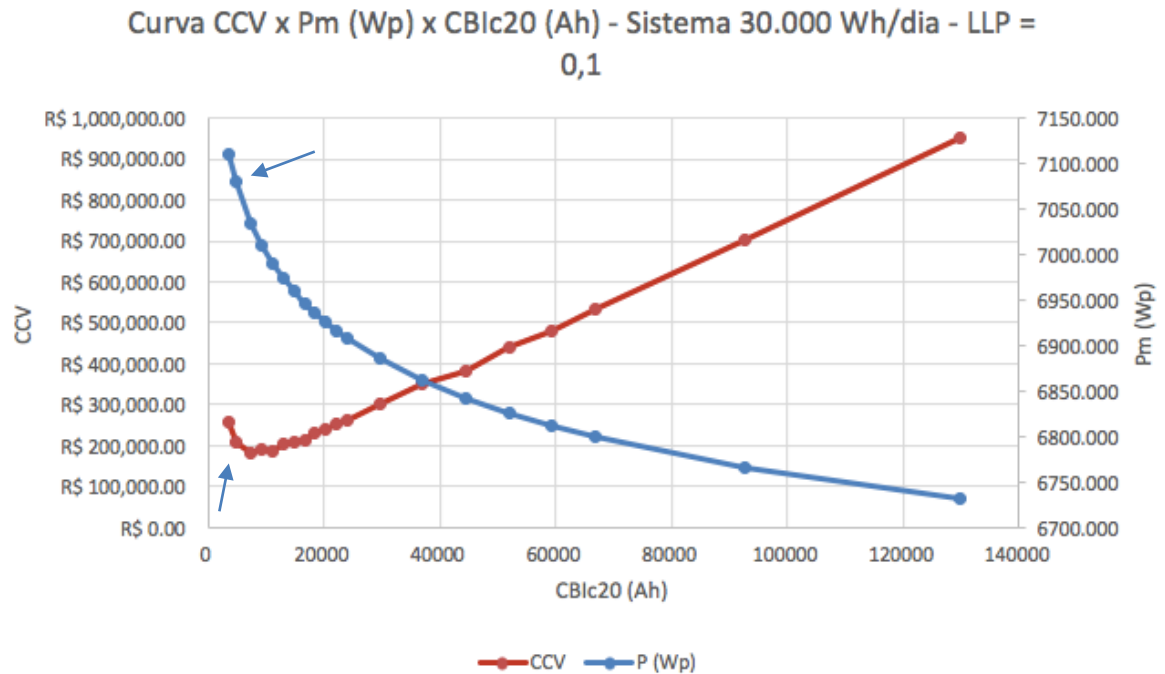
Tabela 3.18 – Número de componentes e CCV do sistema 30.000 Wh/dia utilizando LLP = 0,01

Cs	Módulos	Baterias	Controladores	Inversores	CCV
1,0	48	16	14	1	R\$ 285.234,23
1,3	46	22	13	1	R\$ 232.341,70
2,0	42	32	12	1	R\$ 203.683,20
2,5	40	40	11	1	R\$ 207.674,24
3,0	39	48	11	1	R\$ 200.507,93
3,5	38	56	11	1	R\$ 218.351,19
4,0	37	62	10	1	R\$ 220.571,06
4,5	36	70	10	1	R\$ 224.377,44
5,0	35	78	10	1	R\$ 239.551,14
5,5	35	86	10	1	R\$ 248.524,92
6,0	34	94	9	1	R\$ 261.439,11
6,5	33	102	9	1	R\$ 268.642,59
8,0	32	124	9	1	R\$ 308.713,91
10,0	31	156	9	1	R\$ 357.893,20
12,0	30	186	8	1	R\$ 387.084,67
14,0	29	218	8	1	R\$ 440.014,12
16,0	28	248	8	1	R\$ 481.723,22
18,0	27	280	8	1	R\$ 533.639,86
25,0	25	388	7	1	R\$ 697.688,85
35,0	24	542	7	1	R\$ 947.023,59

Fonte: Autoria Própria

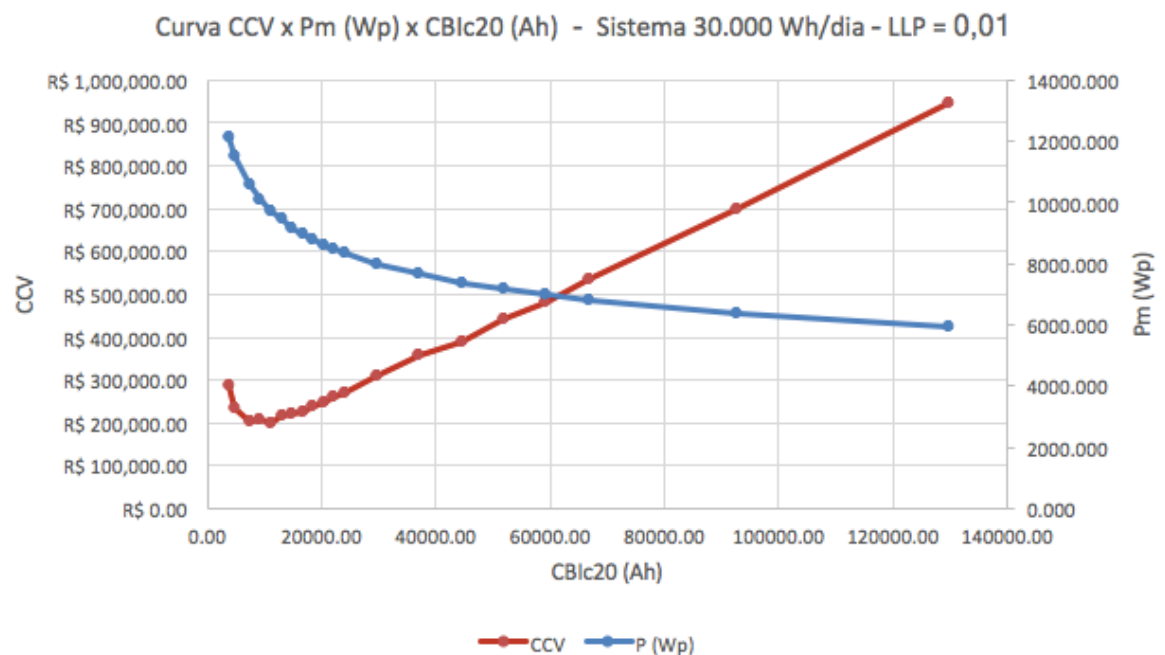
A curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para LLP = 0,1 é apresentada pela Figura 3.8 e a para LLP = 0,01, pela Figura 3.9.

Figura 3.8 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 30.000 Wh/dia e LLP = 0,1



Fonte: Autoria Própria

Figura 3.9 – Curva CCV (R\$) x P_m (Wp) x CBI_{c20} (Ah) para o sistema 30.000 Wh/dia e LLP = 0,01



Fonte: Autoria Própria

A alta demanda energética das ações classificadas para o sistema 30.000 Wh/dia o torna oneroso. Entretanto, priorizando o tamanho do sistema em si, das combinações calculadas para a $LLP = 0,1$, escolheu-se a que está em destaque na Tabela 3.14, que é referente a uma $C_s = 1,3$, e consequentemente a um sistema de 1,3 dias de autonomia. Portanto, recomenda-se que as ações de consumo mais elevado sejam realizadas em somente um dia.

A escolha do melhor arranjo $P_m \times CBI_{c20}$ baseou-se principalmente na necessidade de um sistema passível de ser móvel, logo um sistema não muito pesado. Porém, nesse caso, o sistema mais leve não é necessariamente o menos oneroso, já que é o quinto arranjo de menor custo.

3.2.5 Considerações sobre o Dimensionamento Utilizando o Método Lorenzo para os Sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

Pode-se constatar que, de maneira geral a utilização do Método Lorenzo é muito interessante no que diz respeito à flexibilidade de dimensionamento e a liberdade à qual o projetista tem acesso, abrindo-se assim um grande leque de possibilidades de projetos diferenciados como o proposto.

A utilização da probabilidade de perda de carga, LLP , ainda traz mais possibilidades ao projeto em relação à sua confiabilidade. Como já mencionado, considerou-se que as ações sociais sejam realizadas no período de baixa precipitação, o que acarreta em grande disponibilidade solar e na não necessidade de um sistema com um número elevado de módulos fotovoltaicos. Além disso, os cálculos de custo de vida realizados mostram que para a maioria das combinações calculadas, o CCV é menor para a LLP de 0,1. Um resumo dos arranjos escolhidos para os três sistemas é apresentado pela Tabela 3.19.

Tabela 3.19 – Resumo dos arranjos escolhidos para os sistemas 5.000 Wh/dia, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia

Sistema	LLP	C_s	CBI_{c20} (Ah)	P_m (Wp)	CCV	Peso (kg)	Dimensões (m) (Compr. X Larg. X Alt.)
5.000 Wh/dia	0,1	2	1.345,82	1.276,58	R\$ 31.408,99	487,59	3,5 X 3 X 2

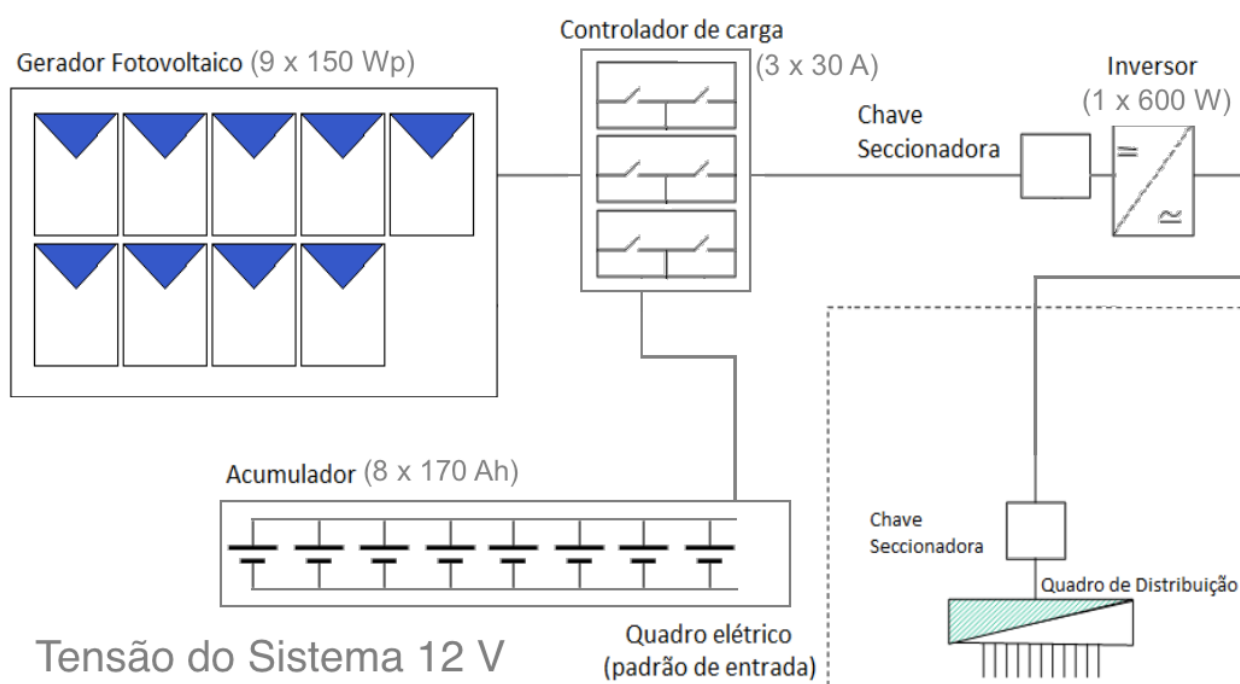
8.000 Wh/dia	0,1	2	2.031,43	1.926,91	R\$ 73.049,98	816,80	3,5 X 3 X 2
30.000 Wh/dia	0,1	1,3	4.820,24	7.081,02	R\$ 206.276,08	1.928,00	6 X 5 X 2

Fonte: Autoria Própria

As especificidades do projeto em questão foram essenciais para as escolhas dos melhores arranjos para cada tipo de carga. Objetivou-se escolher sistemas razoavelmente leves, já que a proposta é um sistema móvel. Portanto, foram escolhidos arranjos com poucas baterias comparados aos outros arranjos. Foi também possível observar que o número de módulos fotovoltaicos não varia muito para uma LLP de 0,1, mas variam consideravelmente para uma LLP de 0,01, já que essa demanda mais potência.

No que diz respeito à praticidade dos sistemas propostos, consideram-se mais práticos os sistemas 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia. Tais sistemas foram considerados mais práticos para serem transportados em veículos de pequeno porte e mais praticáveis por serem sistemas menos onerosos de acordo com os cálculos de seus custos de ciclo de vida realizados. A Figura 3.10 demonstra o diagrama para o sistema 5.000 Wh/dia.

Figura 3.10 – Diagrama para o sistema 5.000 Wh/dia



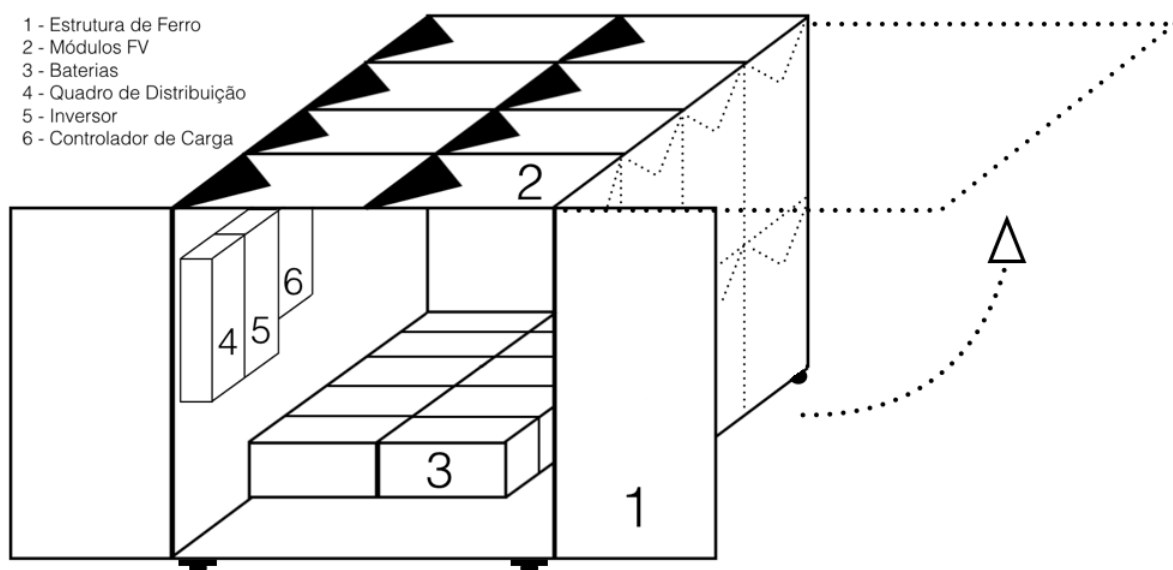
Fonte: Autoria Própria

Salienta-se que somente foram realizados cálculo de custo, levando em consideração que tais sistemas não contarão com resultados em forma de receita, mas sim através das consequências positivas das ações sociais as quais eles possivelmente apoiarão.

O sistema 30.000 Wh/dia foi considerado mais praticável para ser transportado por uma balsa ou veículo marítimo semelhante, pois o melhor arranjo escolhido ainda tem peso total de 1.928,00 kg e número alto de equipamentos. Além dessa particularidade, esse sistema é consideravelmente mais oneroso que os demais e requer um investimento de R\$ 206.276,08, o que equivale a cerca de 7 vezes o custo do sistema 5.000 Wh/dia.

A estrutura a ser utilizada para o transporte dos componentes dos sistemas escolhida foi uma estrutura similar a um container a ser feita sob medida para cada sistema. Essa estrutura idealizada de ferro deve ter rodas e ser capaz de suportar o peso de cada sistema móvel proposto assim como suas dimensões devem ser suficientes para acomodar todos os equipamentos dos sistemas, como proposto na Tabela 3.19. A Figura 3.11 apresenta um modelo para a estrutura a ser utilizada para os três sistemas, variando o tamanho e número de componentes. Propõe-se que, para os sistemas maiores, 8.000 Wh/dia e 30.000 Wh/dia, a estrutura tenha laterais móveis nas quais possam ser colocados módulos fotovoltaicos, como é demonstrado pelas linhas pontilhadas na Figura 3.11.

Figura 3.11 – Modelo para a estrutura a ser utilizada para os três sistemas



Fonte: Autoria Própria

Vale ressaltar que tal estrutura foi escolhida para que possa ser transportada tanto por caminhonetes, para os sistemas 5.000 Wh/dia e 8.000 Wh/dia, ou por barcos para comunidades ribeirinhas aonde somente se pode chegar por vias fluviais, no caso do sistema 30.000 Wh/dia.

CONCLUSÕES

Assim como a energia elétrica se torna cada vez mais importante, a problemática da exclusão elétrica se agrava e acaba por ser diretamente relacionada com qualidade de vida de indivíduos. Nesse contexto se destaca a importância do presente trabalho ao dar apoio a instituições que pretendem amenizar os efeitos da falta de energia elétrica.

Foram dimensionados três sistemas de geração de energia elétrica móvel através de módulos fotovoltaicos com o intuito dar apoio a ações e projetos sociais realizados no estado do Amapá e localidades próximas do estado do Pará.

Inicialmente, objetivou-se entrevistar somente instituições que já atendessem comunidades isoladas eletricamente, porém nenhuma das instituições entrevistadas realiza ações em tais localidades, justamente pela problemática energética e/ou logística. Foram coletadas informações referentes aos serviços oferecidos e, principalmente, aos equipamentos utilizados que necessitam de energia elétrica.

Foi observada a necessidade de dividir as ações sociais de acordo com suas demandas energéticas e assim foram propostos três sistemas, para os quais foram realizados vários dimensionamentos através do método de dimensionamento de sistemas solares fotovoltaicos autônomos chamado Método Lorenzo, para o qual foram consideradas duas probabilidades de perda de carga, $LLP = 0,1$ e $LLP = 0,01$. Para auxiliar na escolha dos melhores arranjos, também foi realizada uma análise econômico-financeira para cada combinação.

A particularidade do estado do Amapá no que diz respeito à sua questão estrutural e de logística faz com que ainda hoje haja indivíduos que são atingidos por problemáticas como a exclusão elétrica. Não somente nesse contexto é que o presente trabalho se mostra relevante, mas também pela utilização de uma fonte de energia limpa como a solar. Logo, conclui-se que o presente trabalho é de suma importância para as atividades de instituições que realizam ações sociais no Amapá e tem a intenção de expandir tais ações e alcançar indivíduos em localidades isoladas.

Entende-se que há a necessidade da continuação deste trabalho no que tange a estrutura a ser utilizada para os componentes e sua operação. Espera-se que em trabalhos futuros este projeto possa ter sua estrutura de transporte construída e que juntamente com ela seja elaborado um manual de montagem e operação do sistema, de certa forma que ele seja de fácil entendimento e o sistema seja de fácil montagem.

Também espera-se que esses sistemas possam ser colocados em prática futuramente e servir para incentivar o estudo e utilização de energias renováveis nas comunidades e também incentivá-las a utilizar sabiamente seus recursos e ter consciência do seu papel quanto à preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil**, 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 9 de jun. 2016.
- ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Amapá**, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_uf/amapa>. Acesso em: 19 de maio 2016.
- COELHO, Ilsa; CARTAXO, Elizabeth. **Universalização da Energia Elétrica: Uma Análise Política da Distribuição de Energia e da sua Importância Sócio-Ambiental Para o Amazonas**, 2004. Disponível em: <<http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v2/123.pdf>>. Acesso em: 29 de abril 2016.
- CRESESB. **Atlas Solarimétrico do Brasil**, 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf>. Acesso em 9 de jun. 2016.
- CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 2004. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2004.pdf>. Acesso em 15 de out. 2016.
- CRESESB. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em 15 de out. 2016.
- DINIZ, Maiana. **No Ano Internacional da Luz, 1,5 bilhão de pessoas vivem no escuro pelo mundo**, 2015. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/06/no-ano-internacional-da-luz-15-bilhao-de-pessoas-vivem-no-escuro-pelo-mundo>>. Acesso em: 16 de dez. 2015.
- FERREIRA, Roberto G. **Engenharia Econômica e Avaliação de Projetos de Investimento: Critérios de Avaliação, Financiamentos e Benefícios Fiscais, Análise de Sensibilidade e Risco**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.
- GOLDEMBERG, José. **Energia no Brasil e no Mundo**, 2013. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2013/09/17/energia-no-brasil-e-no-mundo-artigo-de-jose-goldemberg/>>. Acesso em: 12 de jul. 2016.
- IBGE. **Censo Demográfico 2010**, 2011. Disponível em: <<http://www.censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 de maio 2016.
- IBGE. **Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação com Data de Referência em 1º de Julho de 2014**, 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2014/estimativa_dou_2014.pdf>. Acesso em: 18 de maio 2016.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Snapshot of Global Photovoltaic Markets**, 2015. Disponível em: <http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/PICS/IEA-PVPS_-_A_Snapshot_of_Global_PV_-_1992-2015_-_Final_2_02.pdf>. Acesso em: 8 de jun. 2016.

LORENZO, Eduardo. **Electricidad Solar: Ingenieria de Los Sistemas Fotovoltaicos**. Espanha: Artes Gráficas Gala, 1994.

MAEHLUM, Mathias. **Solar Energy Pros and Cons**, 2014. Disponível em: <<http://energyinformative.org/solar-energy-pros-and-cons/#renewable>>. Acesso em: 8 de jun. 2016.

PEREIRA, Enio et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**, 2006. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>. Acesso em: 17 de abril. 2017.

PNUD. **Ranking IDHM Municípios 2010**, 2010. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx>>. Acesso em: 5 de jan. 2016.

PNUD. **O que é o IDH**, 2016. Disponível em: <http://www.pnud.org.br/idh/IDH.aspx?indiceAccordion=0&li=li_IDH>. Acesso em: 5 de jan. 2016.

PNUD. **Ranking IDH Global 2014**, 2015. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDH-Global-2014.aspx>>. Acesso em: 12 de jul. 2016.

SALAMONI, Isabel; RÜTHER, Ricardo. **O Potencial Brasileiro da Geração Solar Fotovoltaica Conectada à Rede Elétrica: Análise de Paridade de Rede**, 2007. Disponível em: <https://www.lepten.ufsc.br/publicacoes/solar/eventos/Antigos/salamoni_ruther.pdf>. Acesso em 14 de jul. 2016.

SANTOS, Cássio; SAUER, Ildo. **Estudo de Planejamento Integrado de Recursos Para o Sistema Elétrico de Boa Vista – RR**, 1999. Disponível em: <<https://professorildosauer.files.wordpress.com/2010/01/8-relatorio-da-pesquisa-pir2.pdf>>. Acesso em 21 de mar. 2016.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy 101: Solar Photovoltaics**, 2011. Disponível em: <<https://www.energy.gov/articles/energy-101-solar-photovoltaics>>. Acesso em: 17 de abril. 2017.

APÊNDICE A – Questionário Sobre Ações Sociais no Amapá

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ

PRÓ-REITORIA DE ENSINO E GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA APOIO À
AÇÕES SOCIAIS**

Aluno: André Lucas de Luna Santos

Orientador: Alaan Ubaíara Brito

QUESTIONÁRIO

Nome da instituição: _____

Data: ____/____/____

Tipo da instituição:

Privada ()

Pública ()

Religiosa ()

ONG ()

Projetos Comunitários ou Ações Sociais:

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Localidades atendidas:

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

**Alguma localidade não tem acesso à energia elétrica ou ela é racionada?
Se sim, quais? Se há racionamento, indique o período do dia em que há energia.**

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Serviços oferecidos:

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Quais dos serviços acima citados dependem de energia elétrica?

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Total de pessoas atendidas em determinado período:

- 1) _____ pessoas em _____
- 2) _____ pessoas em _____
- 3) _____ pessoas em _____
- 4) _____ pessoas em _____

Com qual frequência são realizadas as ações sociais?

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Quais melhoramentos nos serviços oferecidos ou novos serviços poderiam ser realizados com o auxílio de um sistema gerador de energia elétrica móvel?

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____

Nome – cargo/função
(carimbar)

ANEXO B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

(Resolução 466/2012 CNS/CONEP)

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa intitulado “SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA APOIO À AÇÕES SOCIAIS”. O objetivo deste trabalho é projetar um sistema fotovoltaico móvel para apoiar ações sociais através de geração de energia elétrica. Para realizar o estudo será necessário que o(a) Sr.(a) se disponibilize a participar de entrevista, agendada a sua conveniência, onde será aplicado um questionário com perguntas referentes à ações sociais e comunitárias que a instituição que o(a) Sr.(a) representa. Para a instituição e para sociedade, esta pesquisa servirá como parâmetro para a realização do levantamento de demanda energética para o dimensionamento do sistema móvel de geração de energia elétrica proposto no projeto. Os riscos da sua participação nesta pesquisa são mínimos, em virtude das informações coletadas serem diretamente referentes à instituição que o(a) Sr.(a) representa e por essas informações serem utilizadas unicamente para fins científicos, sendo garantidos o total sigilo e confidencialidade, através da assinatura deste termo, o qual o(a) Sr.(a) receberá uma cópia.

O(a) Sr.(a) terá o direito e a liberdade de negar-se a participar desta pesquisa total ou parcialmente ou dela retirar-se a qualquer momento, sem que isto lhe traga qualquer prejuízo com relação ao seu atendimento nesta instituição, de acordo com a Resolução CNS nº466/12 e complementares.

Para qualquer esclarecimento no decorrer da sua participação, estarei disponível através do telefone +55 (96) 98124 -8743 (celular). O senhor(a) também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal do Amapá Rodovia JK, s/n – Bairro Marco Zero do Equador - Macapá/AP, para obter informações sobre esta pesquisa e/ou sobre a sua participação, através dos telefones 4009-2804, 4009- 2805. Desde já agradecemos!

Eu _____(nome por extenso) declaro que após ter sido esclarecido(a) pelo(a) pesquisador(a), lido o presente termo, e entendido tudo o que me foi explicado, concordo em participar da Pesquisa intitulada “SISTEMA FOTOVOLTAICO MÓVEL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA APOIO À AÇÕES SOCIAIS”.

Macapá, ____ de _____ de 20____.

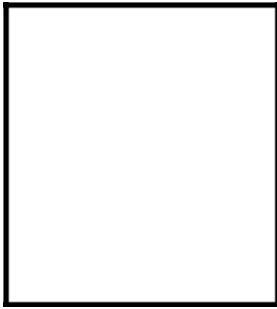
Assinatura do Pesquisador

André Lucas de Luna Santos
Universidade Federal do Amapá
Celular: +55 (96) 98124-8743
e-mail: andre lunasantos@hotmail.com

Assinatura do entrevistado

Caso o entrevistado esteja impossibilitado de assinar:

Eu _____, abaixo assinado, confirmo a leitura do presente termo na íntegra para o(a) paciente _____, o(a) qual declarou na minha presença a compreensão plena e aceitação em participar desta pesquisa, o qual utilizou a sua impressão digital (abaixo) para confirmar a participação.



Polegar direito (caso não assine).

Testemunha nº1: _____

Testemunha nº2: _____

