



**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**Energia fotovoltaica em comunidades isoladas no
Amazonas com abordagens da economia e
sustentabilidade**

**Autor: Thiago Hermano Alves de Alcântara
Orientador: Prof Dra. Josiane Do Socorro Aguiar De
Souza De Oliveira Campos**

**Brasília, DF
2017**



THIAGO HERMANO ALVES DE ALCÂNTARA

Energia fotovoltaica em comunidades isoladas no Amazonas com abordagens da economia e sustentabilidade

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientador: Professora Dra, Josiane Aguiar

**Brasília, DF
2017**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

ALCÂNTARA, Thiago Hermano Alves de.

Energia fotovoltaica em comunidades isoladas no Amazonas com abordagens da economia e sustentabilidade / Alcântara . Brasília: UnB, 2017. 51 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2017. Orientação: Dra. Josiane
Do Socorro Aguiar De Souza De Oliveira Campos

1. Comunidades Isoladas. 2. Energia Solar. 3. Objetivos do Milênio I. Souza, Josiane do Socorro Aguiar de. II. Energia Fotovoltaica em Comunidades Isoladas no Amazonas com Abordagens da Economia e Sustentabilidade.

CDU Classificação



**Energia Fotovoltaica em Comunidades Isoladas no Amazonas com
Abordagens da Economia e Sustentabilidade**

Thiago Hermano Alves de Alcântara

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 29 de novembro de 2017 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

**Prof. Dra.: Josiane Do Socorro Aguiar De Souza
De Oliveira Campos, UnB/FGA**
Orientador

Prof. Dra: Paula Meyer Soares, UnB/ FGA
Membro Convidado

Prof. Dra: Vanessa Maria de Castro, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

Dedico o meu trabalho à minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, familiares e a meus amigos pelo o apoio e compreensão. Em especial à minha irmã Elaine Cristina que sempre me apoiou e foi meu maior exemplo de perseverança e esforço.

Aos meus amigos Kaio Diego e Letícia Barros pela paciência e pela amizade durante todos esses anos de curso.

Aos meus amigos Guilherme Polisel, Paulo Serpa e Felipe Corso Câmara que fizeram parte de minha vida como uma família durante a minha estadia em Paris.

A Guillaume Perche pela fé em mim depositada.

A Prof. Dra. Josiane por esta orientação. Agradeço pelo apoio, paciência e pela oportunidade de aprendizado.

Aos meus professores de graduação da Universidade de Brasília: Profa. Dra. Juliana Petrocchi Rodrigues, Prof. Dr. Jorge Cormane, a Profa Dra. Vanessa de Castro e a Profa. Dra. Rita Silva.

A École Nationale Supérieure des Arts et Métiers pela oportunidade a mim oferecida, pelos ensinamentos a mim concedidos e pela excelente recepção.

A Klépierre, empresa onde tive uma grande oportunidade de crescimento pessoal e profissional.

A Clémentine Pacitti por ter sido uma chefe atenciosa, paciente, gentil e extremamente profissional, sempre trazendo simpatia e seriedade ao ambiente de trabalho.

Aos meus amigos pelo apoio e cumplicidade.

Aos colegas, professores e funcionários da UnB que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

Por fim gostaria de agradecer a mim mesmo, pelo esforço, pelas noites não dormidas, pelo tempo investido, força de vontade, pois apesar de todas as pessoas e instituições envolvidas no processo essa conquista vem de dedicação própria e o valor de um aluno não é comumente reconhecido, as vezes nem por ele mesmo.

"Be the change that you wish to see in the world". Mahatma Gandhi

RESUMO

O sistema interligado nacional é responsável por fornecer energia elétrica para a maior parte no Brasil, entretanto existem diversas regiões, predominantemente no norte do país, as quais não são atendidas pelo fornecimento do sistema. As comunidades isoladas não possuem fornecimento de eletricidade de forma convencional. As instituições mundiais procuram alternativas para a geração de energia em comunidades isoladas para garantir o fornecimento para seus habitantes, o que é comumente realizado por meio de motores à diesel. Apesar do fornecimento ser uma necessidade, nos dias atuais as boas práticas para o serviço de energia à população requerem que a produção desta energia seja feita de forma limpa, ou seja, com menor impacto possível ao ambiente. O Ministério de Minas e Energia sugere as principais formas de se gerar energia em comunidades isoladas na região Amazônica. Dentre elas encontra-se a energia solar fotovoltaica. O presente trabalho visa analisar a possibilidade de se usar este tipo de tecnologia para localidades isoladas, considerando os valores determinados pelos objetivos do milênio e o GEO 5 e 6 na geração de eletricidade ao mesmo tempo em que analisa a viabilidade econômica do projeto.

Palavras-chave: Comunidades Isoladas, Energia Solar, Objetivos do Milênio

ABSTRACT

The interconnected national system is responsible for assuring that electric energy is delivered to the biggest part of Brazil, however there are innumerable regions, mainly in the northern part of the country, which aren't affected by the system's energy supply. The isolated communities, which don't have an electricity supply in a conventional way, search for alternatives accordingly to their economic viability, aiming to guarantee electricity to all their habitants, which is usually done by diesel motors. Even with the energy supply as a need, it is not enough to provide energy to the population, it is also necessary to produce this energy in a clean way, dealing as little damage to the environment as possible. The ministry of mines and energy suggests the main forms of generating energy in isolated communities in the Brazilian's Rainforests, and between the available options there is the solar energy. This paper analyses the possibility of using this kind of technology for isolated communities, considering the values pre-determined by millennium goals and the GEO 5, in the energy generation, at the same time that it does the economic viability of the project.

Key-Words: Isolated Communities, Solar energy, Millennium Goals

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mapa de Transmissão de Energia e Comunidades Isoladas

Figura 2: Curva de Carga de uma Comunidade da região Amazônica

Figura 3: Curva de Carga da comunidade de Vila campinas

Figura 4: Curva de carga do consumidor residencial

Figura 5: Aumento de Consumidores de Vila Campinas

Figura 6: Rotas de conversão de biomassa em combustíveis

Figura 7: Painel Solar instalado em uma comunidade isolada

Figura 8: Velocidade do vento durante o ano em Manaus

Figura 9: Gráfico de irradiação solar mensal no plano inclinado proposto.

Figura 10: Payback do Investimento

Figura 11: Objetivos ODS/GEO 6

Figura 12: Crédito Acumulado de Carbono

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Equipamentos Almejados por uma Comunidade Isolada como Demanda Reprimida

Tabela 2: Classificação quanto à potência e a queda

Tabela 3: Irradiância Solar Média

Tabela 4: Latitude de acordo com estados Brasileiros

Tabela 5: Relação de ângulo de inclinação e latitude

Tabela 6. Comparação dos tipos de painéis a serem utilizados

Tabela 7: Custos para cada produto utilizado

Tabela 8: Objetivos GEO5

Tabela 9: Quantidade de carbono economizada por kWh com o uso de painéis solares

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 CARACTERIZAÇÃO DAS COMUNIDADES ISOLADAS(TIPOLOGIA DO CONSUMIDOR)	13
2.1 CONSUMO ENERGÉTICO	15
2.2 CURVA DE CARGA	16
3 TECNOLOGIAS OFF GRID DISPONÍVEIS	19
3.1 MINI E MICROCENTRAIS HIDRELÉTRICAS E TURBINAS HIDROCINÉTICAS	19
3.2 USINA TERMELÉTRICA À COMBUSTÍVEIS OU GÁS NATURAL/ GASEIFICADORES	20
3.3 ENERGIA SOLAR	22
3.4 AEROGERADORES	23
3.5 SISTEMAS HÍBRIDOS	23
4 PROJETO DE GERAÇÃO SOLAR	25
4.1 ESTIMATIVA PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR	27
4.2 DIMENSIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS	30
4.3 DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES.....	31
5 ABORDAGEM ECONÔMICA	34
5.1. ANÁLISE FINANCEIRA.....	34
6 ABORDAGEM DE SUSTENTABILIDADE	36
6.1 AS PRINCIPAIS DIRETRIZES GLOBAIS PARA ENERGIA SUSTENTÁVEL	36
6.2 MENSURAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE	41
6.2.1 EMISSÕES POLUENTES DO AR ADVINDAS DA ENERGIA	41
6.2.2 USO DE ENERGIA PER CAPITA.....	42
6.2.3 QUANTIDADE PAGA PELA ENERGIA EM CADA CASA por domicilio	44
6.2.4 PRINCÍPIOS DE SUSTENTABILIDADE EM POLÍTICAS E PROGRAMAS	45
CONCLUSÕES	46
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	47
ANEXOS	51

1. INTRODUÇÃO

O uso da energia elétrica na sociedade é recorrente, porém nem todos os cidadãos são atendidos pelo fornecimento de eletricidade. No Brasil temos o Sistema Nacional de Transmissão de Energia que atende a maior parte do país, entretanto para determinadas regiões na Amazônia tem-se um atendimento precário, o que gera a necessidade da criação de alternativas para fornecimento de energia levando em consideração a geografia do local, clima, possibilidades de implantação, demanda energética, perfil do consumidor, transporte e manutenção de aparelhos.

A geração à partir do óleo diesel tem o papel mais significativo para comunidades da região, uma vez que o uso racional de energia e alternativas de produção de eletricidade ainda são deixados para segundo plano de acordo com o planejamento energético regional (CARTAXO e JANNUZZI,2009).

Considerando a dificuldade e altos custos de transporte, instrução e manutenção buscam-se alternativas para a geração de energia para pequenas populações instaladas na Amazônia, dado o tipo de população isolada modifica o perfil consumidor e com isso a demanda energética, logo o tipo de geração é alterado. Para este trabalho a população escolhida é a população tradicional da Amazônia com perfil próximo ao da Comunidade Vila Campinas.

O acesso à eletricidade o impacto em residentes de zonas isoladas pode ser profundo, onde a taxa de crianças que completam os estudos deve crescer, o número de horas trabalhadas por membros da comunidade aumenta, acesso ao lazer é ampliado e também as condições locais em termos de qualidade de vida melhora (Oregon State University, 2017)

O presente trabalho caracteriza o consumidor de acordo com sua tipologia, em seguida analisa sua demanda energética, propõe um projeto de implantação de painéis solares, faz uma análise financeira do projeto, e por fim compara com os objetivos do milênio e GEO 5.

O presente trabalho visa analisar a geração de energia elétrica com o uso da tecnologia fotovoltaica em comunidades isoladas no Estado do Amazonas com abordagem econômica e da sustentabilidade.

Os métodos clássicos utilizados na análise financeira foram a viabilidade econômica e na análise de sustentabilidade foi realizado uma adaptação de indicadores com fundamentação nos princípios dos objetivos do milênio, o GEO 5 e 6.

2. CARACTERIZAÇÃO DAS COMUNIDADES ISOLADAS(TIPOLOGIA DO CONSUMIDOR)

Caracteriza-se como comunidade isolada aquela cujo não é atendida pelo serviço de fornecimento regular de energia elétrica, no caso do Brasil o sistema nacional interligado, que é alocada em regiões de difícil acesso para a própria população ou trânsito de mercadorias, não tem acesso à direitos sociais como considerados segundo a constituição(educação, saúde, trabalho, segurança, etc), e também isolamento em termos de comunicação da comunidade com outras regiões.(VILLAÇA, 2011)

Para descrever a tipologia do consumidor é necessário observar quais são os equipamentos elétricos que as comunidades usam no cotidiano, os horários de pico, a tipologia de consumo de vilas similares, assim então obtém-se uma determinada demanda energética tendo então uma potência a ser suprida, e à partir de uma dada demanda decide-se uma alternativa para gerar a potência necessária.(RENDEIRO, 2011)

Tal análise demanda a seleção de um determinado tipo de comunidade do Amazonas, para isso definem-se as comunidades tradicionais da região de acordo com suas características principais.



Figura 1: Mapa de Transmissão de Energia e Comunidades Isoladas

Fonte: DILASCIO, 2009

As populações isoladas da região Amazônica e da região norte do Brasil são: Caboclos, Extrativistas, Indígenas, Pescadores, Quilombolas, Ribeirinhos, Madeiros, Seringueiros, Castanheiros, Agricultores. As comunidades na Amazônia fazem várias atividades agroextrativas para autoconsumo ou venda de produtos. Essas atividades extrativistas são realizadas de acordo com a sazonalidade da oferta do recurso natural. As comunidades são caracterizadas de acordo com a principal fonte de renda monetária. Os madeiros tem como principal atividade econômica a extração da madeira em determinado período do ano. Algumas comunidades, como por exemplo a Cooperativa Mista da FLONA Tapajós (COOMFLONA) na flona do Tapajós, fazem o manejo florestal com certificação e fabricam produtos artesanais para exportação como mobílias, utensílios domésticos, entre outros.(CARVALHO, ANDRADE, SILVA-RIBEIRO,DANTAS 2013).

2.1 Consumo Energético

Existem diversos equipamentos eletro/eletrônicos que são utilizados por algumas comunidades que residem em vilas com algumas características urbanas precários como igrejas, escolas, postos de saúde e sem saneamento básico e energia em tempo integral. São justamente estes equipamentos os responsáveis pela caracterização da demanda energética da comunidade como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Equipamentos Almejados por uma Comunidade Isolada como Demanda Reprimida

Equipamento	P (W)	Nº	PTOTAL (kW)
Ventilador	120	15	1,80
Freezer	130	8	1,04
Geladeira	90	30	2,70
Televisor (TV 20")	90	11	0,99
Serra elétrica	14000	3	42,00
DVD	20	1	0,02
Ferro de Passar	1000	3	3,00
Liquidificador	300	3	0,90
Som	80	4	0,32
Máquina de Lavar	500	1	0,50
Computador	180	2	0,36
Microondas	1200	2	2,40
Estufa	200	1	0,20
Batedeira	120	1	0,12
Iluminação Pública (lâmpadas)	40	40	1,60

Fonte: Rendeiro, 2011

Onde P(W) é a potência do equipamento em Watts, Nº é o número de equipamentos para uma comunidade com 41 famílias e PTOTAL(kW) é o balanço total de potência por cada equipamento.

Tem-se então como demanda a potência total de todos os equipamentos em conjunto, isto é, a potência total é descrita pelo somatório das potências de todos os equipamentos.

$$Potência\ Total(Demanda\ da\ região) = \sum_{i=1}^{N^{\circ}} PTOTAL_i \quad (1)$$

Logo encontra-se um valor equivalente à aproximadamente 58kW de demanda para suprir tais equipamentos para a comunidade.

2.2 Curva de carga

O consumo de energia elétrica é variável durante o dia, a curva de carga permite visualizar uma estimativa de como a demanda se comporta. O comportamento da demanda caracteriza um dos principais fatores para a escolha de um determinado sistema de produção de energia elétrica pois tem um vínculo direto com a necessidade de geração por horário de utilização. (RENDEIRO, 2001)

Para definir-se uma curva de carga leva-se em consideração a potência instalada, cujo valor compreende a potência reprimida calculada anteriormente mais a soma das cargas das edificações existentes. Tem-se uma estimativa de 0,5 kW(valor típico para a Amazônia). No estudo de caso de RENDEIRO haviam 73 edificações totalizando uma potência 94,45 kW(RENDEIRO, 2001), o que aproxima o valor da comunidade em questão com o valor do estudo de caso de JANUZZI e CARTAXO.

A seguir seguem as curvas de carga do estudo de caso de RENDEIRO, JANUZZI e CARTAXO e uma curva de carga do consumidor residencial segundo a ANEEL.

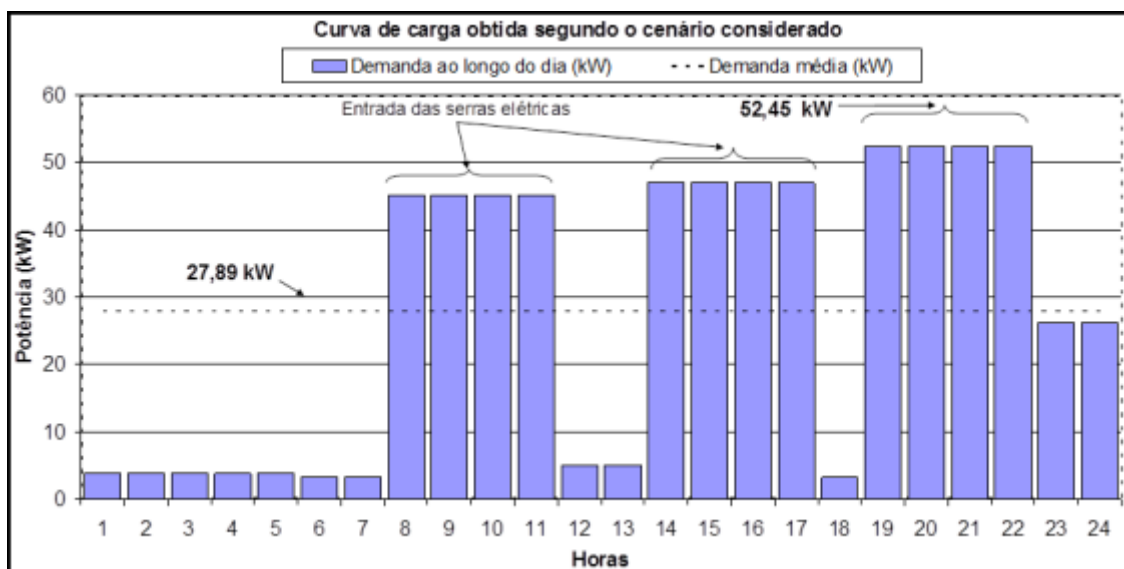


Figura 2: Curva de Carga de uma Comunidade da região Amazônica

Fonte: RENDEIRO, 2001

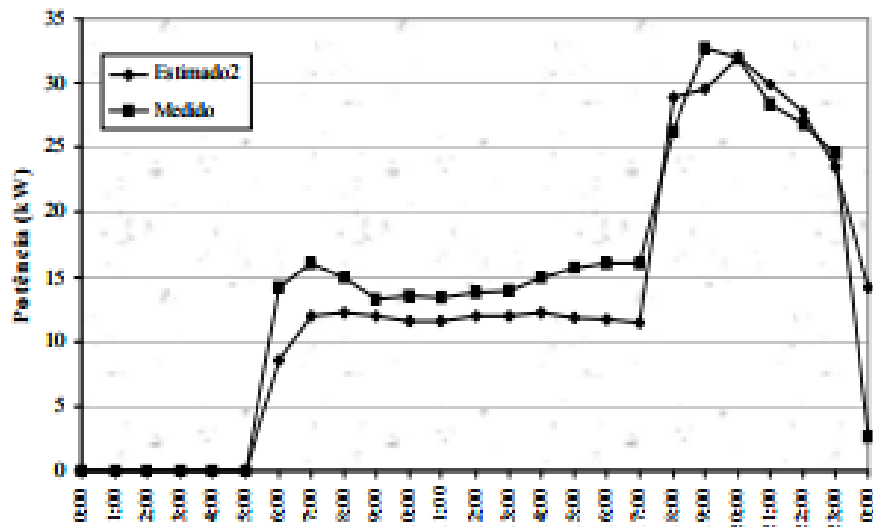


Figura 3: Curva de Carga da comunidade de Vila campinas

Fonte: JANUZZI e CARTAXO

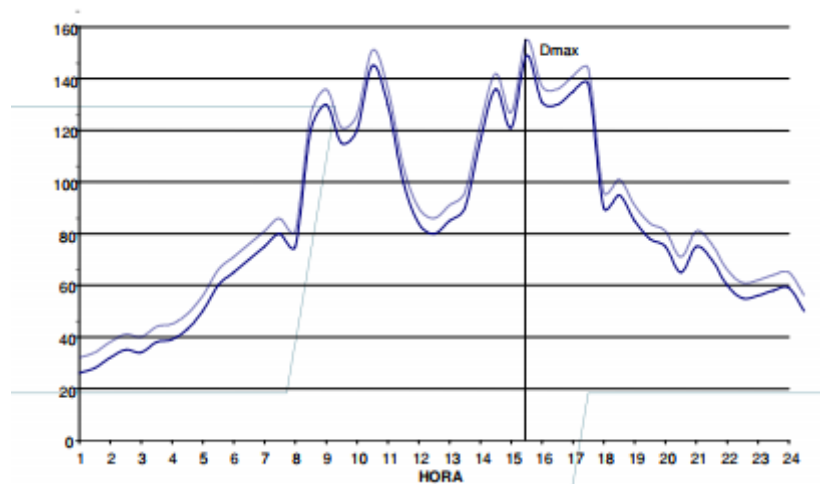


Figura 4: Curva de carga do consumidor residencial

Fonte: Fls. 5 Nota Técnica n.º 362/2010–SRE-SRD/ANEEL

Comparando as figuras 2, 3 e 4 nota-se que a curva de carga se diferencia de um consumidor qualquer para uma comunidade isolada nos horários de pico, onde em ambas comunidades isoladas tem em comum o final da tarde a partir das dezenove horas como pico, porém a comunidade estudada por RENDEIRO segue um padrão que se parece com o consumidor comum.

A figura 3 tem ainda como fator o número crescente de consumidores na comunidade de Vila Campinas isto é, a comunidade tem uma tendência de aumento do consumo de energia elétrica através dos anos.(JANUZZI e CARTAXO).

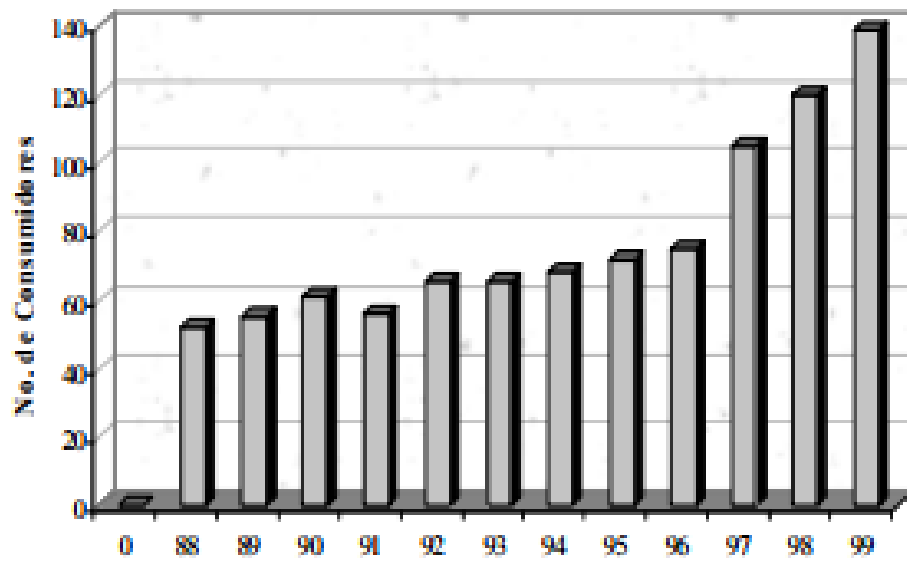


Figura 5: Aumento de Consumidores de Vila Campinas

Fonte: JANUZZI e CARTAXO

Espera-se que conforme o número de consumidores aumente, o número de eletrodomésticos e a demanda aumentem por consequência e que este perfil comece a se tornar cada vez mais parecido com o perfil do consumidor padrão.

A partir das curvas de carga observa-se que o pico de energia concentra

3. TECNOLOGIAS OFF GRID DISPONÍVEIS

Existem diversos tipos de tecnologias disponíveis no mercado para gerar energia em comunidades isoladas. Ao se selecionar a tecnologia adequada para uma determinada população deve-se levar em consideração as condições físicas do local. Tais condições determinam a possibilidade de agregar ou não um determinado tipo de tecnologia à uma comunidade. De acordo com o Ministério de Minas e Energia, são consideradas fontes de geração de energia descentralizadas para atendimento de regiões remotas:

1. Minicentral hidrelétrica
2. Microcentral hidrelétrica
3. Usina termelétrica à combustíveis ou gás natural
4. Usina solar fotovoltaica
5. Aerogeradores
6. Sistemas híbridos (combinação entre duas ou mais das seguintes fontes: diesel, solar, eólica, biomassa e hídrica).

Para adquirir diferentes tecnologias também se torna necessário o investimento de terceiros que é condicionado com o tipo de produção local. O objeto em questão consiste em comunidades que sobrevivem com produção para sustento próprio o que dificulta o investimento de terceiros uma vez que a produção é baixa e inexplorável, tendo então somente um baixo orçamento disponível para a compra de tecnologias para geração, logo viabilidade financeira se torna sinônimo da maior economia possível.

3.1 - Mini e Microcentrais hidrelétricas e Turbinas Hidrocinéticas

São denominadas micro e minicentraís hidrelétricas de acordo com a tabela 1 da ANEEL:

Tabela 2: Classificação quanto à potência e a queda

DESCRIÇÃO		QUEDA DE PROJETO		
CLASSIFICAÇÃO	POTÊNCIA INSTALADA	Baixa	Média	Alta
Micro-central hidrelétrica	Até 100 kW	Menos de 15	15 a 50	Mais de 50
Mini-central hidrelétrica	100 a 1000 kW	Menos de 20	20 a 100	Mais de 100
Pequena central hidrelétrica	100 a 30000 kW	Menos de 25	25 a 130	Mais de 130

Fonte: Atlas de Energia elétrica do Brasil, parte II, fontes renováveis, 3, energia hidráulica

Onde a queda do projeto corresponde a diferença de altura entre montante e jusante da barragem.

Para o tipo de comunidade em questão não se faz necessária uma usina hidrelétrica devido aos custos do enredo do projeto, usa-se então uma turbina hidrocínética, que é capaz de produzir uma determinada potência sem uma grande movimentação para implantação do projeto, uma vez que a infraestrutura necessária é mais simples quando comparada à uma microusina. Outro problema para este tipo de tecnologia é o fato de que a região amazônica não apresenta desníveis significativos em toda a sua extensão, somente em locais determinados (DI LASCIO e BARRETO) e como pode ser observado na tabela 2 a potência de uma hidrelétrica varia de acordo com a diferença de altura entre montante e jusante, ou seja, a queda d'água é um diretamente ligada fator importante à capacidade de produção de uma usina hidrelétrica.

Uma turbina hidrocínética é uma máquina hidráulica cujo transforma a energia cinética da água em eletricidade. Esse tipo de alternativa tem como principais vantagens a baixa quantidade de dano ambiental durante a conversão de energia, o baixo custo operacional. Outro aspecto positivo consiste no fato de grande parte das comunidades isoladas na Amazônia são comunidades ribeirinhas, logo estão localizadas próximas à rios rios (Artigo Rudi).

3.2 - Usina termoelétrica à combustíveis ou gás natural/ Gaseificadores

Usinas termoelétricas à diesel tem custo operacional para o fornecimento de energia elétrica é excessivamente dispendioso em termos financeiros, uma vez que o processo em si é altamente custoso e regiões isoladas não possuem capital

financeiro suficiente para suprir o gasto, ou seja, não existe equilíbrio econômico durável.(DI LASCIO E BARRETO).

Uma possível opção que utiliza processos térmicos para a produção de energia elétrica e que pode ser aplicada à comunidades da Amazônia é então o uso de gaseificadores que produzem gases combustíveis através do uso de biomassa, o que por sua vez se encontra em abundância na região amazônica. De acordo com DI LASCIO E BARRETO essa alternativa também pode gerar uma contradição uma vez que para manter o ecossistema livre de prejuízos a coleta de frutos e sementes da floresta não pode ultrapassar 30% de seu valor total.

O processo de gaseificação consiste em transformar a biomassa em gases combustíveis para posterior utilização em turbinas à gás ou em motores alternativos de combustão interna para conversão de potência. A biomassa lignocelulósica pode ser transformada através da gaseificação a partir de duas rotas, uma termoquímica e uma bioquímica, onde a rota termoquímica é um processo ainda em desenvolvimento, porém bem estruturado quando comparado à bioquímica, cujo ainda apresenta diversos desafios tecnológicos(LARA, ANDRADE, ANGEL, et al). Como a rota bioquímica necessita de diversos insumos para realização da hidrólise e da fermentação, essa se torna inviável para áreas isoladas, enquanto o processo termoquímico consiste somente na síntese catalítica de elementos.

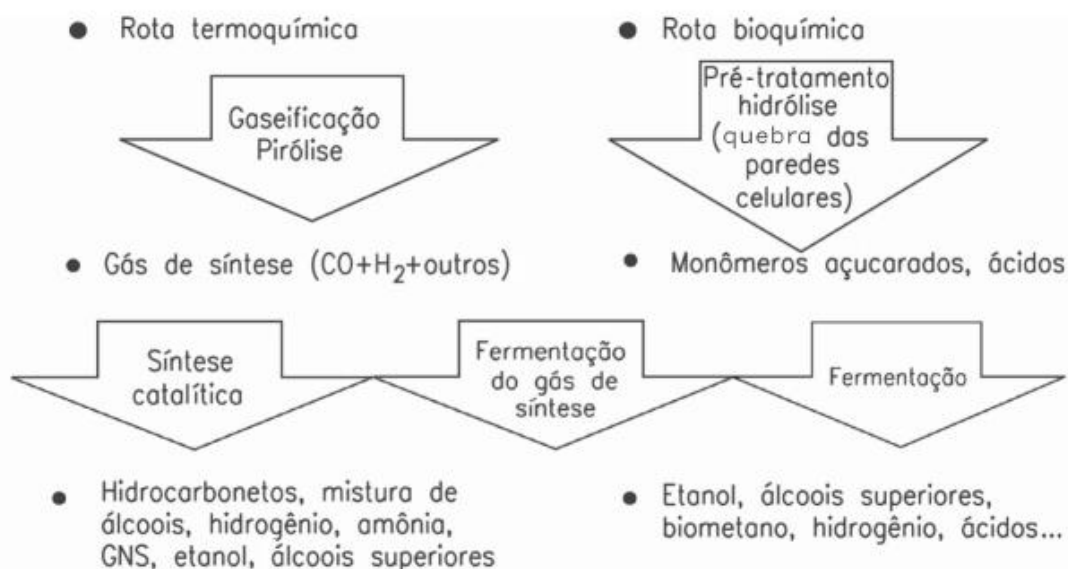


Figura 6: Rotas de conversão de biomassa em combustíveis

Fonte: Gaseificação e Pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis. Adaptada de Jenkins(2007) por Bioenergy, BioFuels and potentials

for sustainable development, energy lecture series. Department of Biological and Agricultural Engineering.

3.3 - Energia Solar

Não se pode falar em geração off-grid hoje em dia sem falar sobre energia solar. De modo geral um painel solar consiste em um conjunto de células fotovoltaicas construídas de materiais semicondutores tais como silício. Quando partículas de luz provindas do sol colidem com os átomos presentes nestes determinados materiais, ocorre um deslocamento de elétrons e assim uma corrente elétrica que por sua vez, carrega uma bateria acoplada ao sistema. (VILLALVA, 2012)

A seleção deste tipo de tecnologia é interessante pelo tempo de vida útil de um painel ser de 25 anos, tendo também potências variáveis. Outro fator interessante deste tipo de sistema é o fato de ser um sistema de energias renovável, isto é, a energia do sistema é inesgotável.(VILLALVA, 2012)

Apesar de que inúmeras vantagens possam ser citadas para o uso deste tipo de tecnologia, a Oregon State University indica que a energia solar apesar de gerar benefícios econômicos para áreas remotas é também inviável para ser levada à comunidades isoladas. Ainda segundo a universidade 1.2 bilhões de pessoas não tem acesso à um acesso básico de eletricidade (incluindo habitantes de zonas rurais, países emergentes, áreas isoladas e locais de grande índice de pobreza), isto é, se torna muito difícil de conectar a rede elétrica para determinados locais.



Figura 7: Painel Solar instalado em uma comunidade isolada

Fonte: <https://universosolar.wordpress.com/2015/11/16/mme-publica-manual-sobre-projetos-do-luz-para-todos-em-areas-isoladas/#more-338>

3.4 - Aerogeradores

Um aerogerador é um equipamento cujo realiza a conversão de energia cinética para energia elétrica.

A geração a partir deste tipo de equipamento varia de acordo com a velocidade e intensidade do vento, isto é, quanto maior a quantidade de vento melhor a produção de eletricidade. Tendo que a região Amazônica a quantidade de árvores é muito grande, torna-se difícil a produção de energia com este tipo de fonte.

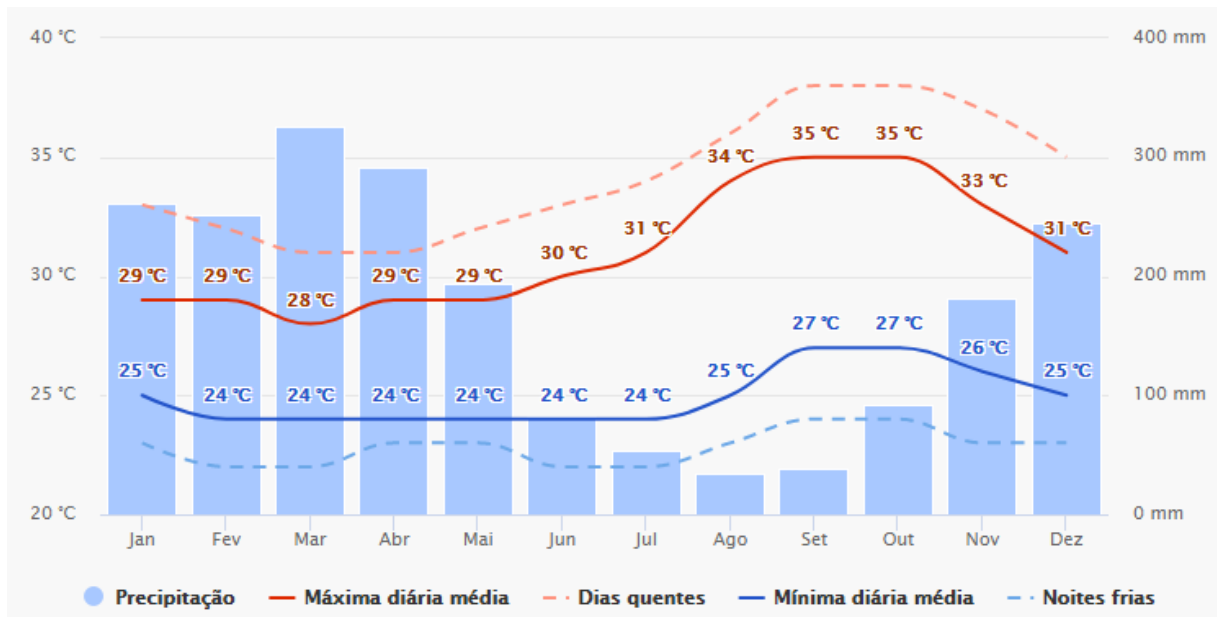


Figura 8: Velocidade do vento durante o ano em Manaus

Fonte: https://www.meteoblue.com/pt/tempo/previsao/modelclimate/manaus_brasil_3663517

3.5 - Sistemas híbridos

A utilização de sistemas híbridos é uma alternativa, pois de acordo com JANUZZI e CARTAXO o motor diesel é a fonte de energia mais comumente usada para produção de energia em comunidades isoladas no Amazonas, porém segundo DILASCIO E BARRETO os custos operacionais do fornecimento de energia elétrica

através do diesel são muito onerosos para as regiões em questão. Ainda de acordo com DILASCIO E BARRETO sistemas híbridos com o uso de energia solar na base ou sistemas voltaicos individualmente usados em residências podem ser amplamente utilizados.

4. PROJETO DE GERAÇÃO SOLAR

Em busca da vocação energética de uma determinada região busca-se entender o terreno, clima, fauna, flora, proximidade com rios, facilidade de acesso, incidência solar, umidade, de modo geral todas as condições do ambiente envolto à comunidade visada para o projeto.

O presente trabalho visa estipular a produção de energia em comunidades isoladas visando o cumprimento de objetivos do milênios propostos pelo GEO 5 em comunidades isoladas.

Dentre os objetivos propostos pelo GEO 5, aplicam-se a diminuição de emissões na atmosfera, para isso levou-se em conta a grande utilização de geradores diesel e propôs-se então um plano de instalação de painéis solares capazes de suprir a demanda da vila, para isso foram levados tanto aspectos técnicos quanto financeiros e desenvolveu-se um indicador referente a geração de energia elétrica com painéis solares comparada à quantidade de carbono produzida por uma determinada fonte de energia já utilizada.

Para obtenção de dados como latitude e longitude da região em estudo, foi utilizado o Google Maps (Google Maps, s.d.). A partir deste estudo, dados tais como longitude e latitude de Manaus foram encontrados, cidade muito próxima à Vila Campinas. Não foi possível utilizar a localização precisa onde o estudo será realizado, pois as ferramentas de buscas de localizações, não compreendem a vila em si, apenas alguns locais em suas proximidades. Dada a limitação da tecnologia utilizada a coleta de dados no CRESESB foi feita no local mais próximo possível.

A Figura abaixo juntamente com a tabela que a acompanha mostram os dados obtidos pelo site do CRESESB (CRESESB, 2017., s.d.). As referências de latitude são utilizadas para definição de um ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. Como mostram a tabela 4 e a Figura 7.

Tabela 3: Irradiância Solar Média

Latitude: 2,761498° S Longitude: 60,672576° O																					
#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]																
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
☑	Manaus	Manaus	AM	BRA	3,1019° S	60,025° O	81,4	4,45	4,51	4,52	4,50	4,44	4,73	5,12	5,64	5,64	5,48	5,26	4,79	4,92	1,20
☑	Codajás	Codajás	AM	BRA	3,8° S	62,056944° O	192,4	4,56	4,22	4,67	4,36	4,67	4,22	5,50	6,00	5,44	5,44	5,31	4,61	4,92	1,78
☑	Itacoatiara	Itacoatiara	AM	BRA	3,1° S	58,441666° O	250,9	3,81	3,89	3,75	3,78	4,14	4,17	4,89	5,17	4,78	4,39	4,33	3,97	4,26	1,42

Fonte: CRESESB, 2017

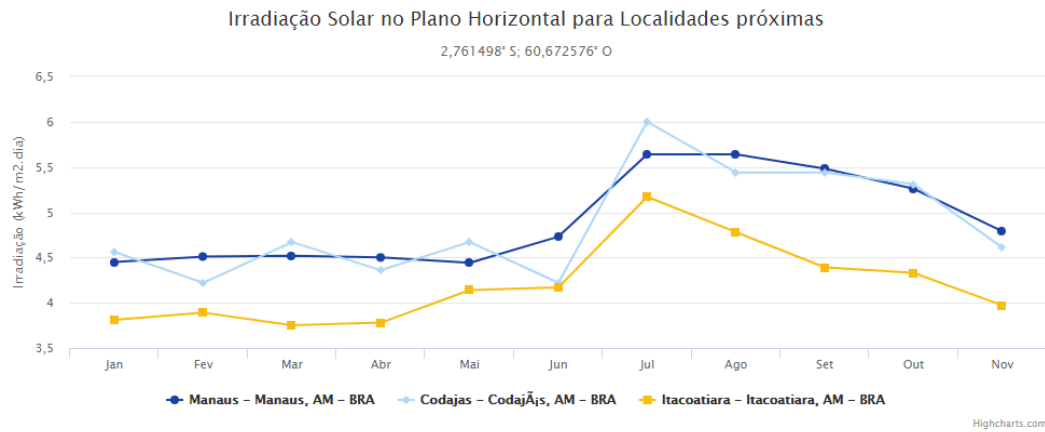


Figura 9: Gráfico de irradiação solar mensal no plano inclinado proposto.

Fonte: CRESESB, 2017

As duas tabelas que seguem mostram a inclinação média para alguns estados do Brasil e em seguida sugerem uma inclinação ideal para cada faixa de ângulos.

Tabela 4: Latitude de acordo com estados Brasileiros

Capital	UF	Latitude
Aracaju	SE	10° S
Belém	PA	01° S
Belo Horizonte	MG	19° S
Boa Vista	RR	02° N
Brasília	DF	15° S
Campo Grande	MS	20° S
Cuiabá	MT	15° S
Curitiba	PR	25° S
Florianópolis	SC	27° S
Fortaleza	CE	03° S
Goiânia	GO	16° S
João Pessoa	PB	07° S
Macapá	AP	00° N
Maceió	AL	09° S
Manaus	AM	03° S

Fonte: VILLALVA, 2012

Tabela 5: Relação de ângulo de inclinação e latitude

Latitude geográfica do local	Ângulo de inclinação recomendado
0° a 10°	$\alpha = 10^\circ$
11° a 20°	$\alpha = \text{latitude}$
21° a 30°	$\alpha = \text{latitude} + 5^\circ$
31° a 40°	$\alpha = \text{latitude} + 10^\circ$
41° ou mais	$\alpha = \text{latitude} + 15^\circ$

Fonte: VILLALVA, 2012

Tem-se então que de acordo com a Tabela 6 a inclinação proposta para Manaus e locais próximos da cidade, que por consequência tem posição parecida, devem ter seus painéis inclinados em 10°, sempre virados para o norte uma vez que o Brasil se encontra no hemisfério sul. Ainda, em estudos para sistemas fotovoltaicos, utiliza-se o ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar, com a intenção de obter a maior geração anual de energia (CRESESB, 2016., s.d.). Outro importante fator levado em consideração é a proximidade das regiões em relação à Vila Campinas, uma vez que como comunidade isolada, não se tem nenhum medidor em si, logo Manaus se mostra a melhor opção pois se encontra à 80km da região.

4.1 - Estimativa para a geração de energia solar

O principal objetivo é a geração de energia o limpa para a comunidade, gerando como consequência um cumprimento das expectativas do planejamento do milênio, GEO 5, que prega o aumento de utilização de fontes renováveis e a diminuição de emissão de gases na atmosfera.

Os módulos devem suportar uma carga de aproximadamente 95 kW/mês, dada a demanda de cada eletrodoméstico ou eletroeletrônico presente na vila. Na Tabela 1, encontra-se o levantamento de equipamentos presentes na vila para a definição de uma demanda reprimida para a mesma.(RENDEIRO, 2011)

Tabela 6. Comparação dos tipos de painéis a serem utilizados

Características	Yingli YL250P 29b(250Wp)	Canadian Solar CS6P (260 Wp)
Tipo	Policristalino	Policristalino
Peso	19,1kg	-
Potência	250Wp	260Wp
Eficiência	15%	16,16%
Dimensões	1650x990x40(mm)	-
Corrente de Curto Circuito(Isc)	8,92 A	9,12 A
Tensão de Circuito Aberto(Voc)	38,4 V	37,5 V
Corrente de Máxima Potência(Imp)	8,39 A	8,56 A
Tensão de Máxima Potência(Vmp)	30,4 V	37,5 V
Custo	R\$ 767,04	R\$856,60

Fonte: Adaptada: Neosolar Energia,2016 e Canadian Solar Datasheet, 2015

O painel fotovoltaico selecionado foi Yingli Solar modelo YL150-29b, ele é mais barato que o *Canadian Solar*, possui uma alta eficiência, classificado como classe A no INMETRO, se tornando assim ideal para sistemas *off grid* de energia solar. É importante conhecer o quanto a placa irá fornecer por mês, uma vez que o conjunto em si não compreende baterias solares.

No datasheet da placa fotovoltaica disponível pelo fabricante, já encontra-se no item de escolha do painel, os valores referentes ao valor da eficiência (η_m) e a área ocupada por um módulo (A_m).

Tais dados são descritos através dos seguintes valores:

$$\eta_m = 15,4\%$$

$$A_m = 1,65 * 0,99 = 1,6335m^2 \quad (2)$$

(3)

Decidiu-se então usar-se o método da insolação para os cálculos do projeto de implantação dos painéis solares na comunidade de Vila Campinas:

$$Ep = Es * Am * \eta_m$$

Ep - Energia produzida pelo módulo diariamente [Wh/m²]

Es - Irradiação diária [Wh/m²dia]

Am - Área total do módulo [m²]

η_m - Eficiência de conversão fotovoltaica

Em - Energia média mensal

O primeiro cálculo a se fazer é referente à quantidade de energia produzida diariamente por cada módulo. Para esta etapa do trabalho fez-se uma comparação com valores de irradiação de dois locais diferentes, tem-se então:

$$Ep = 4,92 * 1,6335 * 0,154 = 1,23Wh/dia$$

$$Ep = 4,26 * 1,6335 * 0,154 = 1,07Wh/dia$$

Para ambos os cálculos o valor mínimo de irradiação solar foi escolhido das duas regiões diferentes para assegurar que valor mínimo seria fornecido durante o ano inteiro.

Calcula-se então a energia média produzida por mês:

$$Em = \frac{1,23Wh}{dia} * 30 dias = 36,9kWh$$

$$Em = \frac{1,07Wh}{dia} * 30 dias = 32,1kWh \quad (4)$$

Tem-se então os resultados entre 32 e aproximadamente 37kWh por painel para cada mês, tendo então um valor maior para incidência maior como esperado.

4.2 - Dimensionamento dos equipamentos

Sabe-se agora que a demanda média da vila equivale a 27,89kW, ou seja 669,4 kWh por dia e 20.080 kWh/mês. Tal demanda deve ser suprida e a quantidade de energia que será produzida por cada painel. Com isso faz se uma conta simples para descobri-se a quantidade necessária de painéis a serem instalados.

$$Np = \frac{Et}{Em} \quad (5)$$

Onde Et é equivalente a energia total a ser suprida, Em foi previamente calculado como a energia produzida por painel e Np o número de painéis.

$$Np = \frac{20080,8}{36,9}$$

$$Np = 544,2$$

Logo são necessários 545 painéis para preencher a demanda da vila.

Tem-se então a quantidade de painéis necessária para suprir a demanda da vila, deve-se então calcular a área total ocupada pelos painéis, isto é o calculo que se segue diz qual o espaço disponível requerido para a instalação de um número Np de painéis.

$$At = Am * Np \quad (6)$$

$$At = 1,6335 * 545$$

$$At = 873,9 \text{ m}^2$$

O cálculo da área não leva em consideração espaço para sombreamento entre os painéis, uma vez que um número limitado de painéis pode ser colocado nos telhados das casas.

4.3 - Dimensionamento dos inversores

Os inversores são equipamentos cujo a função consiste em transformar uma corrente contínua em corrente alternada (MONHAN, 2014). Os módulos utilizados geram a tensão em forma de corrente continua (CC), ou seja, para fazer uso de equipamentos domésticos tais como televisões, geladeiras, ou qualquer outro tipo de carga que funcione em corrente alternada, deve-se utilizar um inversor (CC/CA) (PEREIRA O. L., 2008).

Para -se usar um inversor calcula-se inicialmente o HSP, ou seja, a quantidade de horas de sol pleno disponível diariamente na região, descrita pela seguinte fórmula, tomando radiação constante de 1000W/m^2 :

$$HSP = \frac{4,22}{1} = 4,22h/dia \quad (7)$$

Tem-se então Potência Nominal como 250 Wp. Este dado possibilita então o cálculo para encontrar a potência exigida pelo painel para a demanda de 100kWh:

$$P = 250Wp * 4,22 = 1,055kWh/dia \quad (8)$$

Em seguida a Potência total exigida para todos os painéis como calculado na equação 9:

$$Pt = \frac{1,055kWh}{dia} * 545 = 575 kWh/dia \quad (9)$$

E por fim a Potência Instantânea:

$$Pi = \frac{575}{4,22} = 136,3kW \quad (10)$$

Através dos dados calculados, torna-se possível encontrar a quantidade de inversores que deve ser utilizada para o sistema. As especificações técnicas, custos e características dos inversores analisados foi retirada do banco de dados da

empresa Minha Casa Solar(2017), assim como foi comparado com inversores utilizados por outras empresas.

Em seguida o Número de Inversores equivale é calculado através da divisão entre a potência total requerida pelo sistema e a potência do inversor.:

$$Ni = \frac{Pt}{Pi} \quad (11)$$
$$Ni = \frac{136350W}{5000W} = 27,3$$

Devido à potência necessária, fazem-se necessários 28 inversores para suprir a demanda total para o uso de painéis solares.

A seguir tem-se o custo total do investimento com exceção dos custos equivalentes ao transporte, pois devido ao fato de a comunidade ser de difícil acesso este valor se torna alto e variável de acordo com a forma que os produtos serão transportados:

Tabela 7: Custos para cada produto utilizado

Produto	Quantidade	Custo Individual(U\$)
Painel	545	268,59
Inversor	28	1.767,28
Medidor	1	129,07
Acessórios	1	302,12
Instalação e Montagem	1	1.812,69
Total		198.109,30

Fonte: Adaptada Minha Casa Solar, 2017

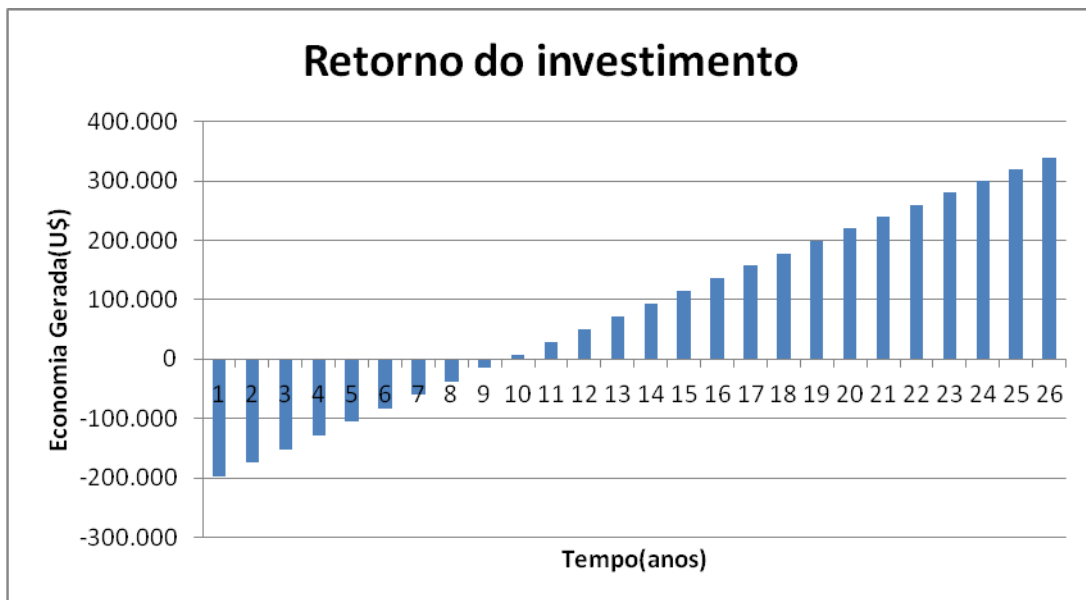
5. ABORDAGEM ECONÔMICA

5.1 Análise Financeira

O payback consiste em um método analítico que qualifica a quantidade de tempo necessária para que o investimento feito gere uma economia que constitua um valor igual ao investido, ou seja, o tempo que leva para o investimento se pagar.

Como painéis solares tem um tempo de vida útil de 25 anos estimou-se o payback, tendo assim uma perspectiva completa do investimento desde o ponto de partida até o ponto final da utilização do mesmo.

Figura 10: Payback do Investimento



Fonte: Própria, 2017

*Cotação do dólar, 06/11/2017: R\$3,31.

Para a Figura 8 considerou-se 25 anos de duração de vida do painel, onde o ano "1" equivale ao investimento inicial de acordo com a Tabela 7.

Tem-se um payback entre 9 e 10 anos, ou seja este é o período necessário para que seja gerada uma economia equivalente ao valor total do investimento, sem levar em consideração os custos de manutenção e transporte dos painéis.

A utilização de painéis solar quando comparada a geração de energia através de outras fontes é ambientalmente positiva, uma vez que gera menos gases nocivos à atmosfera, e a maior parte da poluição causada concentra-se na produção dos

aparelhos. A partir disso, compara-se o valor dos painéis com valor estimado de consumo através de uma medida de consumo a qual as comunidades comumente tem acesso, o motor diesel.

Para produzir eletricidade com diesel tem-se um valor com o gerador de Vila Campinas de 0,23 \$/kWh.(Januzzi e Cartaxo) Para se produzirem 27,89 kW tem-se:

$$\begin{aligned} \text{Preço Diesel} &= 20080,8 * 0,23 = 4618,59 \frac{\text{reais}}{\text{mês}} & (12) \\ \text{Preço Diesel} &= \frac{4618,59}{3,31} = 1395,34 \text{ US\$/mês} \end{aligned}$$

Levando em consideração a vila em si, tem-se que é menos oneroso continuar usando energia elétrica produzida pelo motor diesel.

Comunidades isoladas não possuem uma renda muito alta, o que por sua vez torna o projeto de geração solar sem investimento de terceiros economicamente inviável. De modo geral uma comunidade isolada só possui renda a partir da ajuda d governo, autoconsumo e para alguns casos como a COOFLOMA de atividades monetárias alternativas como artesanato, venda de produtos relacionados a geografia da comunidade e dos recursos disponíveis.

Tem-se então que em termos de preço de eletricidade, são necessários 142 meses, ou quase 12 anos para que o valor do motor diesel se iguale ao investimento necessário para a geração completa a partir de painéis solares.

6. ABORDAGEM DA SUSTENTABILIDADE

Desenvolvimento sustentável é um conceito que consiste no conjunto de definições de desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Logo, condiz com a premissa de crescimento industrial, recursos naturais não renováveis e aos riscos à vida humana. Ao final consiste na harmonia entre o crescimento econômico, inclusão social e conservação ambiental (SOUZA, 2009).

O conceito mais consolidado de desenvolvimento sustentável: “o desenvolvimento que satisfaz às necessidades da geração presente sem comprometer as possibilidades das futuras gerações de satisfazer as suas necessidades”. (Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, CMMAD, 1991).

Como principais diretrizes para discutir a mensuração de sustentabilidade do projeto proposta nesse trabalho foram os objetivos do milênio e GEO 5 e 6.

6.1 As Principais Diretrizes Globais Para Energia Sustentável

O GEO 5 consiste em uma série de relatórios sobre sustentabilidade lançados periodicamente pelo Programa Ambiental das Nações Unidas(UNEP). Esta ferramenta faz uso de centros colaboradores que fazem a coleta de dados regionais, e faz uma análise integrada de cima para baixo para fazer o relatório de baixo para cima. Tal instrumento tem como objetivo produzir um relatório para propor soluções para diversos países em termos de sustentabilidade (GEO 5, 2012).

Segundo o GEO 5 um dos principais fatores de desenvolvimento de uma determinada região é a adesão de desenvolvimento tecnológico.

Tabela 8: Objetivos GEO5

Temas	Objetivos	Metas
Atmosfera		
Convenção de mudança do clima ,UNFCCC (1992), Artigo 2 Acordo de Cancun,	Evitar influências antropogênicas perigosas ao clima	Estabilizar a emissão de gases do efeito estufa em um nível que contenha o aumento da temperatura do planeta

UNFCCC (1992), Artigo 1 parágrafo 4		em 2°C
Convenção da Poluição do ar transfronteiriça(CLRTAP 1979), Artigo 2 Guia da Organização Mundial da Saúde(WHO, 2006)	Reduzir a poluição do ar	Limitar a concentração de poluentes de acordo com o guia da OMS
Plano de implementação de Jonesburgo(WSSD, 2) parágrafo 9 Energia para um Futuro sustentável(AGECC, 2010)	Melhorar o acesso ao fornecimento de energia economicamente viável e ambientalmente positivo	Alcançar acesso universal ao fornecimento de energia moderno até 2030.
Terra		
FAO,Plano de Ação da Cúpula Mundial de Alimentos(FAO 1996), parágrafo 33 g Agenda 21(UNCED 1992b) Capítulo 11.12a	Conservação e uso sustentável da terra Manter área de florestas	Reduzir a salinização, combater a desertificação, reduzir a expansão da agricultura, evitar poluição do solo e degradação Reduzir o desflorestamento e expandir áreas florestais
Declaração do Milênio das Nações Unidas(UN 2000) MDG 1 Target 1c	Erradicar a fome	Diminuir na metade a proporção da população que sofre de fome entre 1990 e 2015 e erradicar a fome até 2050

Água		
Plano de implementação de Jonesburgo(WSSD, 2) parágrafo 25d Declaração do Milênio das Nações Unidas(UN 2000) Paragrafo 23	Manter recursos de água, proteger a qualidade da água e ecossistemas aquáticos	Intensificar a prevenção na poluição da água para diminuir riscos à saúde e ecossistemas Acabar com exploração não sustentável da água por meio de estratégias de administração em diferentes níveis.
Declaração do Milênio das Nações Unidas(UN 2000) MDG 7 Target 7	Fornecimento universal seguro de água potável e melhor saneamento	Cortar pela metade até 2015 a proporção da população sem acesso sustentável à saneamento e água potável, e garantir acesso total em 2050.

Fonte: Adaptada, Geo 5, 2012

O GEO 5 estipula a adesão de políticas de SGA ou integração de métodos para a diminuição da poluição na atmosfera e sugere a utilização de fontes de energia renováveis para geração de energia.

Como dito anteriormente, o Global Environmental Outlook é lançado periodicamente, tendo então sua versão mais recente o GEO 6. Nesta nova versão os objetivos de sustentabilidade se mantêm, entretanto com a criação de uma agenda sustentável que visa relacionar os conceitos do Objetivos do Milênio, que por sua vez já são diretamente ligados com o GEO.(GEO 6, 2017)



Figura 11: Objetivos ODS/GEO 6

Fonte: GEO 6, 2017

Objetivos do Milênio para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), são os objetivos determinados na conferência RIO+20. Consiste numa agenda de 17 objetivos com um total de 169 metas. Para este trabalho o objetivo de número 7 é o único a ser considerado.

O sétimo objetivo da ODS 2030 estipulado pela ONU Brasil visa assegurar o acesso a energia limpa de forma segura, sustentável e assegurando um preço acessível para os clientes envolvidos.(ODS 2030)

7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia

7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global

7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética

7.a Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de

combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa

7.b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio"(ODS 2030, objetivo 7, <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods7/>)

Nota-se a partir da citação acima que os objetivos ODS assim como o GEO 5 estipulam a necessidade de integração de uma política sustentável que tem como parâmetros o estímulo da utilização de energias renováveis para a geração de energia em países em desenvolvimento.

Segundo tal lógica a segurança do fornecimento de energia em si não é o foco das políticas, mas sim assegurar que tal energia seja gerada de forma limpa para as comunidades por elas supridas. O uso de painéis solares em regiões isoladas é então correspondente aos objetivos propostos no sentido de que a taxa de produção de gases nocivos é menor, e não são usados recursos advindos do extrativismo para produzir tal forma de energia limpa.

Um motor diesel, cujo é utilizado comumente na Amazônia(Januzzi e Cartaxo, 2011), realiza a queima de um combustível para geração de energia, o que em termo de produção de carbono é muito mais nocivo que painéis solares.

Dadas tais características e levando em consideração a perda de eficiência dos painéis com o passar dos anos, calculou-se através de um valor estimado para kg de CO2 equivalente por kWh(utilizado entre empresas de painéis solares em Brasília) para calcular a quantidade de carbono em toneladas por ano, em termo de crédito acumulado de carbono, a serem geradas.

6.2 Mensuração de Sustentabilidade

A sustentabilidade pode ser medida por meio do uso de indicadores. Os indicadores medem diversos fatores para comparação. É um desafio para a ciência a elaboração de indicadores sustentáveis nas questões sobre energia.

6.2.1 - Emissões poluentes do ar advindas da energia:

O primeiro indicador para medir dados na vila é um indicador ambiental que é comparável com os objetivos do GEO5. Este indicador consiste na medição de gases poluentes de todas as atividades relacionadas à energia no geral, seja na produção ou no transporte da mesma.(IEA, 2009)

O Indicador 1 tem como código no documento oficial ENV-3 e leva em consideração o rastreamento de emissões na atmosfera de acordo com políticas pré-estabelecidas. Internacionalmente existe o Protocolo de Gothenburg de 1999 como um dos instrumentos usados para implantar políticas para a melhoria de tal fator. (IEA, 2009)

Por conseguinte deve-se medir a variação na produção de gases poluentes, a partir do cálculo da quantidade em toneladas de carbono que são economizadas com a geração solar por kWh. Este resultado é mostrado pela Figura 12.

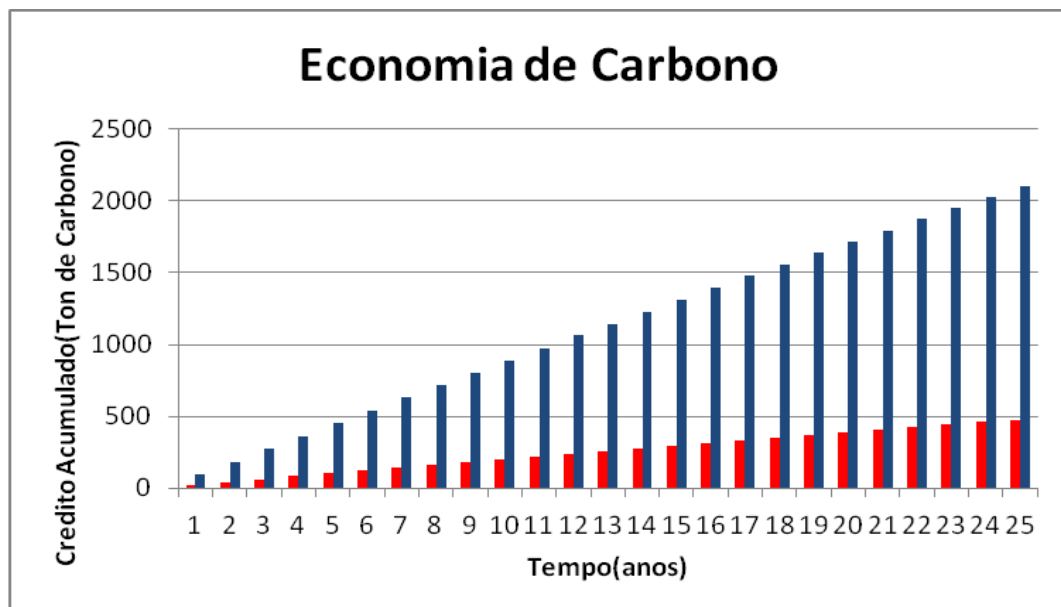


Figura 12: Crédito Acumulado de Carbono

Fonte: Própria, 2017

Tabela 9: Quantidade de carbono economizada por kWh com o uso de painéis solares

	IPCC	IEA	Ecometric	Média	
China	1.049	0.744	0.974	0.922	kg CO ₂ eq./kWh
Brasil	0.087	0.088	0.092	0.089	kg CO ₂ eq./kWh
EUA	0.610	0.535	0.547	0.564	kg CO ₂ eq./kWh
Europa	0.391	0.335	0.451	0.392	kg CO ₂ eq./kWh

Fonte:Pinto, 2016

O cálculo da figura 9 leva em consideração diversos fatores, tais como irradiação solar, tipo de energia normalmente produzida por determinada região, local de manufatura do painel, temperatura e condições climáticas do local (Pinto, 2016).

Devido ao fato de a produção de energia elétrica na comunidade ser feita predominantemente da queima de combustíveis fósseis, sua matriz energética se assemelha, em termos de geração, mais com a matriz europeia que com a brasileira, porém como a região é localizada em território brasileiro a irradiação solar é maior quando comparada à europeia.

Dados tais fatores tem-se que as colunas em azul da Figura 11 correspondem ao acúmulo de créditos de carbono gerados usando a quantidade de carbono da Tabela 9 para os padrões europeus, enquanto as colunas vermelhas são equivalentes aos dados da mesma tabela para os padrões brasileiros.

6.2.2 Uso de Energia Per Capita:

O indicador consiste em avaliar a quantidade de energia per capita utilizada no local selecionado. Para o uso de energia individual, não existem tratados ou regulações que limitem o seu uso, isto é, uma pessoa pode consumir quanta energia conseguir pagar por. (IEA, 2009)

Este indicador visa medir a quantidade percentual de energia que é produzida com combustíveis fósseis ou com combustíveis tradicionais (madeira, bagaço,

carvão) e comparar com a quantidade de energia que é gerada por fontes renováveis para determinar uma quantidade de gases poluentes emitida por pessoa. (IEA, 2009)

Na figura 11 tem-se a quantidade de carbono que é gerada anualmente, uma vez que o planejamento solar foi feito para preencher a demanda total de eletricidade da vila. Divide-se em seguida a quantidade total de energia utilizada pela vila, para calcular a quantidade de kWh por pessoa na vila a cada mês, e em seguida comparar-se com a quantidade de carbono. (IEA, 2009)

$$Energia\ per\ capita = \frac{Energia\ Total}{Número\ de\ habitantes} \quad (13)$$

$$Energia\ Per\ Capita = \frac{20080,8}{113} = 178kWh/pessoa$$

Tem-se para cada pessoa uma quantidade de carbono com padrões brasileiros na equação 14 e com padrões europeus na equação 15:

$$Carbono\ Per\ Capita = 178 * 0,089 = 15,8\ kg/kWh \quad (14)$$

$$Carbono\ Per\ Capita = 178 * 0,392 = 69,8\ kg/kWh \quad (15)$$

O consumo médio de energia elétrica para consumidores residenciais 373,7kWh/pessoa no estado do Amazonas. Este valor possibilita estimar quantos kWh podem ser economizados tendo o uso de painéis solares no consumo residencial brasileiro(Anuário Estatística de Energia Elétrica, 2015). Utilizando os valores brasileiros presentes na tabela 9, tem-se uma economia de 33,25kg/kWh a cada mês.Ou seja, de acordo com os padrões brasileiros estabelecidos pela IEA tem-se uma economia de 110% a no consumo residencial em termos de kg de carbono. Este fato se dá devido ao consumo de energia elétrica para consumidores residenciais atendidos por maneiras convencionais de fornecimento, é mais que duas vezes maior.

A economia de carbono gerada pela comunidade usando painéis solares é menor que para consumidores residenciais, porém ainda sim significativa em termos da comunidade. Comparado à média então tem-se que:

$$\text{Indicador} = \frac{\text{kg de carbono da localidade avaliada}}{\text{kg de carbono estimado do consumidor do Amazonas}} \quad (16)$$

$$\text{Indicador} = \frac{15,8}{33,25} = 0,48$$

O indicador compara à média da comunidade com a média do estado. Quanto maior o resultado, maior o consumo de energia elétrica, por isso maior a economia com o uso de painéis. Esse indicador mostra que a economia de carbono é gerada a partir do uso de eletricidade, isto é, o indicador dá um *insight* na gestão de energia, uma vez que ele compara diretamente a energia per capita de regiões diferentes, entretanto como se compara uma comunidade isolada com uma população comum, não se podem ser estabelecidas ferramentas de gestão apenas a partir desta comparação, dado que o acesso à aparelhos elétricos na comunidade é limitada.

6.2.3 - Quantidade paga em energia por cada casa

Em desenvolvimento sustentável, na dimensão social avalia-se a quantidade paga pelo consumo de eletricidade e de combustível por residência (IEA, 2009).

De modo geral este indicador visa avaliar o custo da energia elétrica consumida por cada edificação presente na vila, o que para o caso de comunidades isoladas, condiz com o valor de combustível consumido, uma vez que todo o combustível utilizado é para a geração de energia. Para se calcular a quantidade utilizada pela população em cada casa utilizou-se o dado de consumo de cada edificação de 0,5 kW para os 73 edifícios da comunidade. Tem-se então sem os eletrodomésticos um consumo total de 36,5 kW (RENDEIRO, 2011).

Por conseguinte o valor do kWh em na comunidade de U\$ 0,23 (JANUZZI e CARTAXO, 2009), tem-se então um valor equivalente à multiplicação entre o valor do kWh e a quantidade total consumida pelas casas da população.

A curva de carga utilizada no trabalho descreve apenas o consumo total, não tendo então uma média para o consumo residencial, uma vez que o consumo total engloba também o uso de serras elétricas. A estimativa para consumo por residência então é feita a partir do consumo total da comunidade.

Tendo 27,89kW como média, e levando em consideração 73 edifícios presentes na comunidade, obtém-se um consumo por residência, com os eletrodomésticos equivalente à 275,18kWh/mês, o que por sua vez produz um custo de U\$ 63,29/mês.

6.2.4 - Princípios de Sustentabilidade em Políticas e programas:

Este é um indicador de gestão, por isso não possui parâmetros de desempenho. O indicador proposto pela própria ODS visa utilizar estratégias de gestão para integrar princípios de sustentabilidade no local selecionado.

De acordo com o escopo do trabalho, somente a geração de energia será considerada, devido a este fato tem-se que a geração parcial ou completa de energia elétrica através de fontes renováveis é uma boa prática em si, portanto o percentual gerado pelos painéis solares indica a quantidade de energia comportada nos parâmetros do indicador.

A priori tem-se que a produção de energia elétrica por painéis compreende toda a energia gerada e utilizada pela vila, porém devido ao custo oneroso pode-se considerar geração parcial de energia solar.

7. Conclusão

A dificuldade de fornecimento de energia elétrica na Amazônia também é devido ao isolamento de comunidades no estado do Amazonas se faz presente influenciando diretamente a vida de parte de sua população.

Em busca do atendimento de energia elétrica as populações usufruem dos recursos naturais e recursos a elas disponibilizados para a geração da mesma. Uma vez que as comunidades recebem energia da forma menos onerosa o possível, elas se tornam atendidas através da queima de combustíveis, seja através de motores à diesel ou através de gaseificadores, ou outros métodos de geração.

O Ministério de Minas e Energia determinou então os melhores métodos para geração de energia em comunidades isoladas na região amazônica. Dentre as características do perfil escolhido, notou-se a possibilidade de implantação de energia solar na comunidade, pois a curva solarimétrica do local indica incidência de radiação solar suficiente para a produção, e apesar de ser um investimento oneroso, devido diversas características da região se torna uma alternativa tecnicamente plausível.

A implementação de alguma espécie de fonte geradora também leva em consideração as recomendações dos objetivos do milênio(ODS) e do GEO5, que buscam tornar a geração o mais sustentável possível, isto é causando o mínimo de poluição possível.

Em seguida uma análise financeira deve ser realizada. Comunidades isoladas recebem renda do governo, fazem extrativismo, e algumas possuem alguma atividade geradora de renda, como o perfil estudado. A renda gerada por comunidades isoladas é pequena, logo a vila tem condições limitadas para atividades fora de seu cotidiano. A partir dos dados determinados durante o trabalho um valor estimado de U\$198.109,30 foi encontrado, o que por sua vez é inviável para a comunidade sem investimentos de terceiros.

Tem-se que os objetivo do milênio para geração de energia elétrica não podem ser cumpridos por comunidades isoladas na região amazônica, com painéis fotovoltaicos, sem intervenção de terceiros, pois apesar de requisitos técnicos serem atendidos, o projeto não é viável economicamente.

Referências Bibliográficas

ATHAYDE, Marcelo Rebelo; FILHO, José Silvério Lage Martins; JÚNIOR, Antônio C. P. Brasil. Avaliação da sustentabilidade de sistemas de energia em comunidades isoladas. **Congresso da sociedade brasileira de Economia Ecológica, Brasília: 2005**

COELHO, S. T. et al. Geração de eletricidade em comunidades isoladas da região amazônica utilizando sistemas nacionais de gaseificação de biomassa in natura. **Congresso brasileiro de planejamento energético**, Brasília, mai./jun. 2006.

PINTO, Maurício Almeida. Balanço e payback time de carbono de um sistema fotovoltaico - planta solar jaíba. **Universidade de Brasília**, Brasília, jan. 2015.

JUNIOR, A. C. P. B. et al. Turbina hidrocíntrica geração 3. jan. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/citenel2007/pdf/it46.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2017.

CARTAXO, Elizabeth Ferreira; JANNUZZI, Gilberto De Martino. Fornecimento de serviço de energia elétrica para comunidades isoladas da amazônia: um estudo de caso. 2009

Universidade Federal Do Pernambuco, UFPE; ELETROBRAS, . **Uatlas solarimétrico do Brasil**, 2000.

LORA, Eduardo Silva. **Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis:** . , 2008.

IEA, International Energy Agency. Energy efficiency highlights. , 2016.

CARVALHO, F. M. de et al. Aproveitamento de galhos – resíduo florestal – como estratégia de geração de emprego e renda na flona do tapajós. **seminário de práticas inovadoras na gestão de unidades de conservação**, 2013.

ENGENHARIA/SECGAD, Divisão De. Consumo de energia - fórum da comarca de manacapuru. , jan. 2017.

UNEP, United Nations Environment Program. Global environmental outlook, geo 5, 2012.

PASSINI, A. F. C. et al. Energia fotovoltaica: uma alternativa de eficiência energética em posto de combustível. **1 simpósio internacional de qualidade ambiental**, porto alegre - rs , mai. 2014.

KATO, Kazuhiko; MURATA, Akinobu; SAKUTA, Koichi. Energy pay-back time and life-cycle co2 emission of residential pv power system with silicon pv module. **Energy technology division, electrotechnical laboratory, aist, miti, 1-1-4 umezono, tsukuba, ibaraki 305-8568, japan**, 1998.

MME, Ministério De Minas E Energia. Programa nacional de universalização do acesso e uso da energia elétrica. , nov. 2015.

ANEEL. Nota técnica nº 362/2010-sre-srd/aneel, Estrutura tarifária para o Serviço de distribuição de Energia elétrica. Dez. 2010.

ONU, United Nations. Official list of mdg indicators, jan. 2008.

IEA, International Energy Agency. Energy indicators for sustainable development: guidelines and methodologies.**international atomic energy agency, united nations department of economic and social affairs, international energy agency, eurostat and european environment agency**, 2009.

RENDEIRO, Gonçalo. Geração de energia elétrica em localidades isoladas na amazônia utilizando biomassa como recurso energético autor:. **Universidade federal do pará, instituto de tecnologia**, [S.L.], Agosto, 2011.

DILASCIO, Marco Alfredo; BARRETO, Eduardo José Fagundes. **Energia e desenvolvimento sustentável para a amazônia rural brasileira::** Eletrificação de comunidades Isoladas. 1 ed. Brasília: Kaco Gráfica e Editora Ltda., 2009. 190 p.

SOUSA, Ingrid Luise Marinho De. Sistema de energia solar para piscicultura - to. **Unviersidade de Brasília**, Brasília, 2017.

RAMOS, Larissa Guimarães De Oliveira. A viabilidade de geração entre heliotérmica e fotovoltaica em petrolina-pe. **Unviersidade de brasilia**, Brasilia, 2016.

VILLAÇA, Andrea Lopes. A implantação de mini-redes de energia solar em comunidades isoladas do amazonas. **Universidade federal de lavras**, Lavras-MG, 2011.

VELÁZQUEZ, S. M. S. G. et al. A geração de energia elétrica em comunidades isoladas na amazônia a partir de biomassa sustentável: projeto enermad. 2011.

ANDRADE, Celia Salama. Generation of electric energy in isolated rural communities in the amazon region a proposal for the autonomy and sustainability of the local populations. , 2011.

OREGON STATE. **Off-grid power in remote areas will require special business model to succeed.** Disponível em: <<http://oregonstate.edu/ua/ncs/archives/2017/jan/grid-power-remote-areas-will-require-special-business-model-succeed>>. Acesso em: 06 set. 2017.

UNIVERSO SOLAR. **Mme publica manual sobre projetos do luz para todos em areas isoladas.** Disponível em: <<https://universosolar.wordpress.com/2015/11/16/mme-publica-manual-sobre-projetos-do-luz-para-todos-em-areas-isoladas/#more-338>>. Acesso em: 21 set. 2017.

Department, Of Biological And Agricultural Engineering. **Bioenergy, biofuels and potentials for sustainable development, energy lecture series. department of biological and agricultural engineering** , 2007.

METEOBLUE. **Previsão.** Disponível em: <https://www.meteoblue.com/pt/tempo/previsao/modelclimate/manaus_brasil_3663517>. Acesso em: 12 out. 2017.

VILLALVA, M.G., GAZOLI, J.R. Energia solar fotovoltaica: Conceitos e Aplicações, 2012. Editora Érica, 1ª edição

CRESESB. (s.d.). Acesso em 08 out. 2017 , disponível em Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#data> 2016, Anuário Estatístico De Energia Elétrica. **Ministerio de minas e energias** : Ano base 2015. : , 2016.

SOUZA, Josiane Do Socorro Aguiar De. Desenvolvimento sustentável, 2009.

MINHA CASA SOLAR. . Disponível em:
<<http://www.minhacasasolar.com.br/produto/inversor-grid-tie-5-0kw-sem-wifi-beb-power-sf5000tl-79012>>. Acesso em: 10 out. 2017.

ANEXOS

Datasheet Painel Canadian Solar CS6P

**ELECTRICAL DATA | STC***

CS6P	260P	265P	270P
Nominal Max. Power (Pmax)	260 W	265 W	270 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	30.4 V	30.6 V	30.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.56 A	8.66 A	8.75 A
Open Circuit Voltage (Voc)	37.5 V	37.7 V	37.9 V
Short Circuit Current (Isc)	9.12 A	9.23 A	9.32 A
Module Efficiency	16.16 %	16.47 %	16.79 %
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.