

Territórios Quilombolas do Alto Trombetas:

Modelos Teóricos para uma Bioeconomia Amazônica

Patricia Chaves de Oliveira
(organizadora)

 EDITORA
ARTEMIS
2023

Territórios Quilombolas do Alto Trombetas:

Modelos Teóricos para uma Bioeconomia Amazônica

Patricia Chaves de Oliveira
(organizadora)

 EDITORA
ARTEMIS
2023



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof. ^a Dr. ^a Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^a Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^a Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizadora	Prof. ^a Dr. ^a Patricia Chaves de Oliveira
Imagem da Capa	ammonitefoto
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^a Dr.^a Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México
Prof.^a Dr.^a Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil
Prof.^a Dr.^a Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof.^a Dr.^a Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru
Prof.^a Dr.^a Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil
Prof.^a Dr.^a Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.^a Dr.^a Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.^a Dr.^a Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México
Prof.^a Dr.^a Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal
Prof.^a Dr.^a Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha
Prof.^a Dr.^a Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
Prof.^a Dr.^a Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil
Prof.^a Dr.^a Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México
Prof.^a Dr.^a Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil
Prof.^a Dr.^a Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof. Dr. Guillermo Julián González-Pérez, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. José Cortez Godinez, Universidad Autónoma de Baja California, México
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*
Prof. Dr. Juan Porras Pulido, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodriguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*
Prof. Dr. Manuel Simões, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*



Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil
Prof.ª Dr.ª MªGraça Pereira, Universidade do Minho, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
Prof.ª Dr.ª María Guadalupe Vega-López, *Universidad de Guadalajara, México*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba*
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, Universidade Federal Fluminense, Brasil
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Peru*
Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*
Prof.ª Dr.ª Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil
Prof.ª Dr.ª Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University, Russia*
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, Colômbia*
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León, Espanha*

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

T326 Territórios quilombolas do Alto Trombetas [livro eletrônico] : modelos teóricos para uma bioeconomia amazônica / Organizadora Patricia Chaves de Oliveira. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-81701-12-3

DOI 10.37572/EdArt_121223123

1. Quilombos – Pará. 2. Negros – Posse da terra. 3. Quilombos - Alto Trombetas (Oriximiná, PA) – História. I. Oliveira, Patricia Chaves de.

CDD 305.896

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422



PREFÁCIO¹

Esta é uma obra produzida com a finalidade de colocar a atenção e a solidariedade científica sobre e com as comunidades de Territórios quilombolas no Alto Trombetas, no Município de Oriximiná, Pará, Brasil. Tais espaços conquistados por remanescentes de quilombos são em dado momento sobrepostos à Reserva Biológica do Trombetas. A alta diversidade da flora local, com destaques para a coleta extrativista ancestral da castanha do Pará, do cumarú, da andiroba, copaíba entre tantas outras espécies da biodiversidade *in situ*, sinaliza fortemente o potencial Bioeconômico que Territórios Quilombolas têm no Bioma Amazônia.

Contudo, alguns pontos críticos ainda inibem a expansão econômica destes grupos, organizados em associações ou cooperativas, com graves consequências aos seus meios de produção e de sobrevivência. Tais distúrbios são tanto de ordem de infraestrutura (déficit de energia, de saneamento, de transporte, de internet) quanto de produção (baixo *input* tecnológico nas cadeias do extrativismo vegetal, especificamente castanhas, óleos e sementes). A conjunção destes fatores acaba por conferir cenários de baixo desenvolvimento local junto às comunidades quilombolas. O paradoxo entre a riqueza da biodiversidade nos quilombos e a baixa renda destas populações tradicionais, demonstra uma exclusão destes grupos junto a mercados locais, nacionais e internacionais, os quais são claramente exploratórios e bem longe estão de ambientes de *fairtrade*.

O território do Alto Trombetas I e II, são compostos pelas comunidades de Abuí, Paraná do Abuí, Santo Antônio do Abuizinho, Sagrado Coração, Tapagem e Mãe Cué, sendo o primeiro território parcialmente titulado e o segundo totalmente titulado (79.095,591 ha), sinalizando que os processos de territorialização de terras quilombolas ainda não estão conclusos.

Diante deste contexto, o Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia (PPGRNA), da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), por meio da disciplina de Metodologia da Pesquisa, por mim ministrada à um conjunto brilhante de jovens cientistas, entre Engenheiros Florestais, Biólogos, Engenheiros de Saneamento, Engenheiros Ambientais e Biotecnólogos, foi possível a produção desta obra científica com o intuito de contribuir ao desenvolvimento sustentável destas comunidades.

A autoria discente deste trabalho, ou seja, de mestrandos em Ciências Ambientais, se inicia quando foram convidados após o aprendizado teórico da Disciplina *Metodologia Da Pesquisa*, a aplicar tal conhecimento, a partir de suas *expertises* profissionais e tendo como pano de fundo o Plano de Manejo da Reserva Biológica do Trombetas, a elaborar

¹ As pesquisas que culminaram na publicação deste livro tiveram o apoio material e/ou financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil.

Modelos Teóricos para o Desenvolvimento Sustentável destes territórios quilombolas. O resultado foi uma riqueza de propostas e estratégias para a solução dos principais problemas científicos observados no Território Quilombola Alto Trombetas I e II. Tais resultados estão distribuídos em seis capítulos, cada um de autoria de um discente. Por último esta é ainda uma obra que traz à reflexão aos futuros jovens Mestres em Ciências Ambientais, que pensar ambiente enquanto *ciência* de forma ética, é pensar de um jeito integrado *ambiente-sociedade-bioeconomia*.

Profa. Patricia Chaves de Oliveira
Engenheira Agrônoma, PhD Ciências Agrárias
Santarém, Pará, Brasil

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

MANEJO DE QUELÔNIOS NA RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS: UMA ALTERNATIVA PARA CONSERVAÇÃO E BIOECONOMIA LOCAL

Áthila Rafael Rego Reis

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231231

CAPÍTULO 2..... 18

CASTANHAIS PLANTADOS: RIQUEZA PARA BIOECONOMIA NA AMAZÔNIA

Thamilles Santa Barbara Sousa Franco

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231232

CAPÍTULO 3..... 38

MAPEAMENTO DOS CASTANHAIS NA RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS PARA MELHORAMENTO DAS ROTAS DE COLETA DE CASTANHA-DO-BRASIL

Jefferson Rossy Pereira da Silva

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231233

CAPÍTULO 4.....52

GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES ISOLADAS: ESTUDO DE CASO DAS COMUNIDADES QUILOMBOLA ALTO TROMBETAS I E II – PARÁ

Kemuel Maciel Freitas

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231234

CAPÍTULO 5.....74

CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*): PROPOSTA DE PRODUÇÃO ARTESANAL DE FARINHA FUNCIONAL NA COMUNIDADE QUILOMBOLA ALTO TROMBETAS

Maniusia da Mota Rocha

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231235

CAPÍTULO 6..... 88

QUINTAIS AGROFLORESTAIS COMO INCREMENTO À NUTRIÇÃO ALIMENTAR
E GANHOS ECONÔMICOS PARA AS COMUNIDADES QUILOMBOLAS DO ALTO
TROMBETAS, ORIXIMINÁ, BRASIL

Amanda Alves Valente

 https://doi.org/10.37572/EdArt_1212231236

SOBRE A ORGANIZADORA.....102

ÍNDICE REMISSIVO 103

CAPÍTULO 4

GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM COMUNIDADES ISOLADAS: ESTUDO DE CASO DAS COMUNIDADES QUILOMBOLA ALTO TROMBETAS I E II – PARÁ¹

Data de submissão: 08/11/2023

Data de aceite: 27/11/2023

Kemuel Maciel Freitas

Engenheiro Ambiental

Mestrando em Ciências Ambientais no
Programa de Pós-Graduação em
Recursos Naturais da Amazônia
PPGRNA da

Universidade Federal do
Oeste do Pará/UFOPA

<https://lattes.cnpq.br/9040543512187322>

RESUMO: Ao longo das últimas décadas, a disponibilidade de energia elétrica tem desempenhado um papel vital no desenvolvimento econômico e social de diversas comunidades. E embora seja considerado como um serviço público de extrema importância, algumas regiões do Brasil ainda enfrentam significativos desafios em relação ao acesso à eletricidade. Em particular, diversas comunidades rurais na Amazônia têm sofrido com barreiras econômicas e estruturais substanciais que dificultam a expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia. Nesse sentido, as energias renováveis têm emergido como soluções cada vez mais

¹ Esta pesquisa recebeu o apoio material e/ou financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES - Brasil.

eficientes na solução desse problema. Desta forma, o objetivo deste trabalho é realizar um levantamento bibliográfico sobre a utilização de fontes renováveis de energia em comunidades isoladas e propor um modelo teórico para o uso de energia solar fotovoltaica em uma Comunidade Quilombola Isolada na Reserva Biológica do Rio Trombetas. Foi realizado o levantamento da demanda de energia, por meio do consumo diário médio de uma residência; e da Oferta de energia solar, por meio dos valores de irradiação solar e de Horas de Sol Pleno (HSP). Assim, foi possível dimensionar um sistema fotovoltaico, para atender a demanda de energia e definir os equipamentos adequados para o funcionamento do sistema, atentando sempre para o equilíbrio do custo-benefício, resultando em um custo total, incluindo equipamentos e mão de obra, de R\$ 22.369,10 para uma vida útil de 12 anos dos equipamentos. Além disso, foi possível calcular a evitação de 1.9t de CO₂, mostrando que apesar do custo relativamente alto, ainda é possível devido a existência de linhas de crédito específicas para este fim.

PALAVRAS-CHAVES: Energia elétrica. Comunidades. Energia solar fotovoltaica.

1 INTRODUÇÃO

Baixos índices de desenvolvimento humano – IDH, baixa densidade demográfica e comunidades esparsadas, são algumas características da Região Amazônica fora dos

grandes centros urbanos (SILVA et al. 2021). Essas peculiaridades influem diretamente sobre o fornecimento regular de energia elétrica, que é essencial para se ter acesso a iluminação, refrigeração, comunicação, além de facilitar a realização de outras atividades que podem favorecer determinada população, como por exemplo, o beneficiamento de alguma produção (DI LASCIO & FAGUNDES BARRETO, 2009).

Estabelecidos pela Cúpula das Nações Unidas – ONU, os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS têm como objetivo suplantar os principais problemas enfrentados no Brasil e no Mundo. Dentre eles, o objetivo 7 trata sobre “Garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos” (UN, 2015). Contudo, a realidade das comunidades que vivem na Amazônia segue o caminho oposto, uma vez que o acesso ao fornecimento de energia elétrica é precário ou, na maioria dos casos, nem existe. A partir dessa situação, essas comunidades acabam recorrendo a fontes alternativas que são, geralmente, poluentes e duvidáveis, para terem acesso à energia elétrica (IEMA, 2020).

Neste contexto, o uso da energia solar fotovoltaica tem se apresentado como uma alternativa extraordinariamente promissora, além de sustentável, em contraste às fontes poluidoras que utilizam principalmente combustíveis fósseis, para o fornecimento de energia para comunidades rurais e isoladas na Amazônia (GORJIAN et al. 2021). Contudo, implementar esse tipo de sistema em uma comunidade isolada pode enfrentar alguns obstáculos: técnicos e financeiros, como o acesso à equipamentos que se adequem a essa realidade, mas que não tenham um custo tão elevado de manutenção e de operação, e socioculturais, que envolvem principalmente os conflitos constantes em torno de terras indígenas e de comunidades tradicionais (DI LASCIO & FAGUNDES BARRETO, 2009).

Comunidades Quilombolas Extrativistas se destacam como principais beneficiados pelo acesso a essas tecnologias (COLAÇO & SPAREMBERGER, 2010), desde o ganho de qualidade de vida proveniente do acesso à energia elétrica até possíveis ganhos financeiros provenientes de produtos com maior valor agregado resultantes da utilização de máquinas e processos que, sem energia ou mesmo utilizando geradores à diesel ou gasolina, seriam inviáveis.

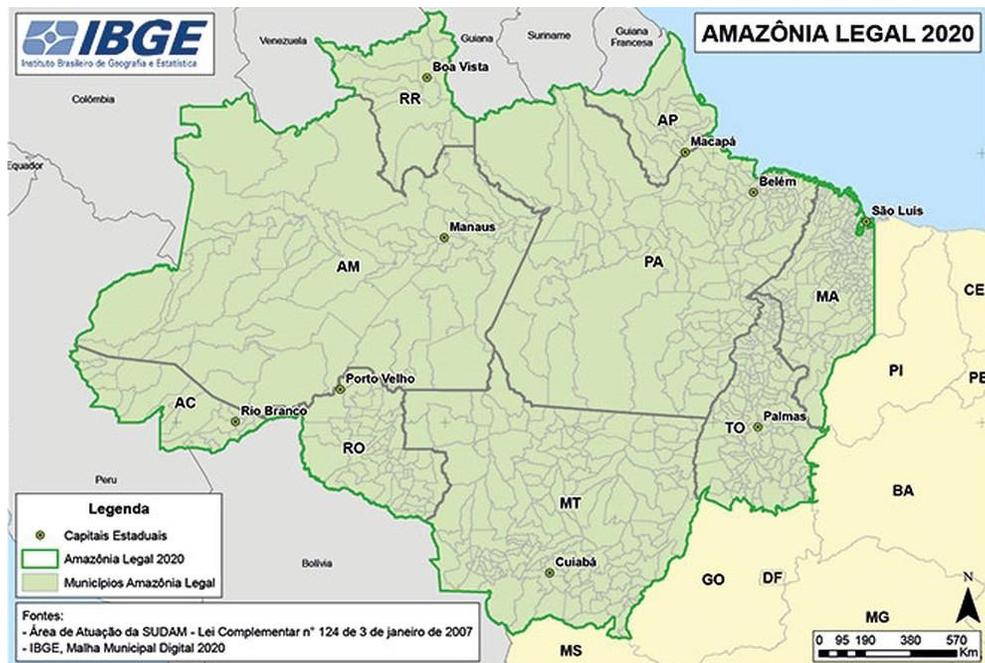
Diante disso, tem-se como objetivo deste artigo realizar um levantamento bibliográfico sobre a utilização de fontes renováveis de energia em comunidades isoladas e propor um modelo teórico para o uso de energia solar fotovoltaica em uma Comunidade Quilombola Isolada na Reserva Biológica do Rio Trombetas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AMAZÔNIA E O SETOR ELÉTRICO

A Amazônia Brasileira é considerada o maior bioma do Brasil, abrangendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Roraima, Rondônia, Mato Grosso, Pará, Maranhão e Tocantins (Mapa 1 – Bioma Amazônia). Possui uma área total de, aproximadamente, 4.2 milhões de quilômetros quadrados e ocupa 49.5% de todo o território nacional (IBGE, 2019).

Figura 1: Limites da Amazônia Legal, atualizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2020.



Fonte: IBGE (2020).

Por ser uma região tão extensa, um dos maiores desafios para gestão dessa área é o acesso à energia elétrica, dificultado por uma série de limitações: geográficas, como os rios e as florestas mais densas que dificultam a instalação de torres de transmissão; logísticas, por conta da dificuldade no transporte de material e equipamentos para áreas mais isoladas devido à precariedade da infraestrutura e falta de estradas; climáticas, as altas temperaturas agregadas aos altos valores de umidade durante todo o ano, podem impactar na durabilidade dos equipamentos (Ribeiro et al. 2012); e, sociais, por conta dos constantes conflitos envolvendo Terras Indígenas ou de Comunidades Tradicionais.

O Objetivo do Desenvolvimento Sustentável de número 7 que trata sobre Energia limpa e Acessível tem como uma de suas metas “Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia” (UN, 2015). Ao analisarmos o cenário brasileiro como um todo, houve grandes avanços ao longo dos últimos 20 anos quanto ao acesso à energia elétrica, saindo de 13% da população que não tinha acesso à energia em 2002, para menos de 1% no ano de 2021 (EPE, 2022). Contudo, a maior parte dessa população que ainda não tem acesso à energia elétrica, se concentra na região Norte e Nordeste do país.

Em um estudo realizado em 2020 para os estados da Amazônia, o Instituto de Energia e Meio Ambiente – IEMA chegou a uma estimativa de que 900 mil pessoas não têm acesso formal à eletricidade. E ao comparar as populações dos municípios com maior número de pessoas sem acesso à eletricidade com o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM, observou-se que existe um indício de correlação entre o acesso à energia elétrica e a qualidade de vida (IEMA, 2020).

2.2 ENERGIA LIMPA E RENOVÁVEL

A principal fonte de energia para as comunidades que não são atendidas pelo Sistema Integrado Nacional – SIN de distribuição de energia elétrica, são os geradores à diesel ou gasolina (FERREIRA & SILVA, 2021), que possuem um custo de aquisição baixo e são flexíveis quanto a potência que podem gerar, mas que acabam contribuindo para o aumento da emissão de CO₂ e de outros gases intensificadores do Efeito Estufa.

As principais alternativas a essas fontes que utilizam combustíveis fósseis são aquelas que utilizam energia hidrelétrica, no caso a utilização de Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH, eólica e solar fotovoltaica (KEMPENER et al. 2015). Contudo, alternativas hidrelétricas e eólicas esbarram em limitações como o relevo predominantemente plano da região amazônica, a baixa velocidade de escoamento dos rios e o potencial limitado na região para a geração eólica.

Apesar de no ano de 2022, a matriz elétrica brasileira ter sido composta de 82.9% de fontes renováveis, muito dessa participação é proveniente das grandes usinas hidrelétricas instaladas pelo país, com as alternativas solar e eólica crescendo, mas ainda tendo pouca participação na matriz como um todo (EPE, 2022).

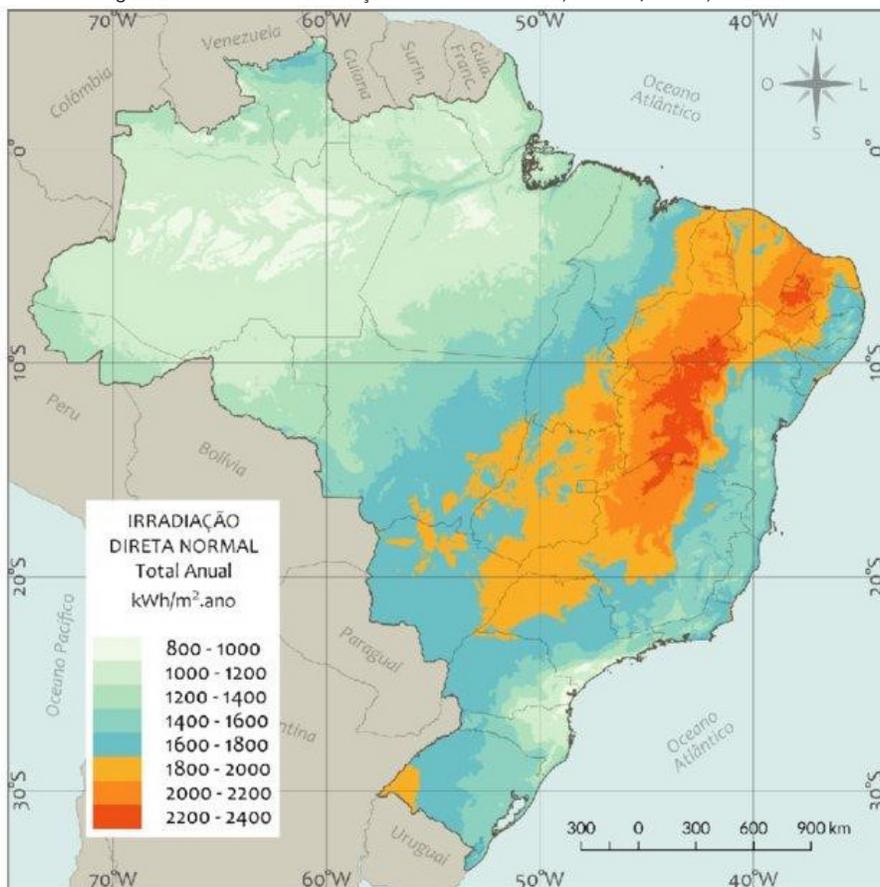
2.2.1 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar pode ser aproveitada de 2 maneiras distintas: por meio do calor ou por meio da luz (DOS SANTOS et al. 2020; DOS SANTOS & ZAMPERIN, 2017). O

aproveitamento da radiação solar através da incidência de luz para a geração de energia se chama energia solar fotovoltaica. A luz solar incide sobre as células fotovoltaicas, que são compostas por materiais semicondutores como o silício, que quando unidas formam um módulo solar fotovoltaico. Essa incidência de luz resulta na excitação dos elétrons, gerando energia que pode ser convertida diretamente em energia elétrica (TOLMASQUIM, 2016; SILVA et al. 2019).

Comparada a outras alternativas de geração de energia para sistemas isolados, a energia solar fotovoltaica apresenta impactos ambientais menores, e, apesar de ainda ter um custo bastante elevado, vem passando por uma redução do investimento necessário para a instalação desses sistemas. Apesar da região Norte do Brasil não ser tão propícia quanto a região Nordeste (MAPA 2 – Irradiação Solar no Brasil), o potencial ainda é bastante elevado para a geração de energia (PEREIRA et al. 2017).

Figura 2: Total Anual de Irradiação Solar direta normal, em kWh/m².ano, no Brasil.



Fonte: Pereira et al. (2017).

2.3 INCENTIVOS E DISPOSITIVOS LEGAIS

Os primeiros dispositivos legais acerca da geração de energia e sobre a sua regulamentação começaram a ser redigidas no fim dos anos 90 e no início do século XX. Em 1996, é instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), por meio da Lei Federal nº 9.427, com a finalidade de “regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica”. Em 2002, é criado, pela Lei Federal nº 10.438, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa, com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas, como a eólica e as pequenas centrais hidrelétricas (PCH).

Com a iniciativa de proporcionar o acesso das populações do meio rural à energia elétrica, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - Luz para Todos (LpT), pelo Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003. O programa buscava proporcionar uma resposta aos estudos que indicavam que mais de 10% da população ainda não tinha acesso à energia elétrica e que essas famílias estavam concentradas nas regiões com os menores índices de desenvolvimento humano.

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica, por meio da Resolução Normativa nº 482, possibilitou que o consumidor final possa gerar sua própria energia e que as concessionárias se adequassem a essa nova realidade. O consumidor que gerasse mais energia do que fosse consumir poderia injetar esse excedente na rede de distribuição. Logo em seguida, no ano de 2015, a ANEEL, pela Resolução Normativa nº 687, estabelece um prazo de até 5 anos para a utilização dos créditos provenientes da energia que foi injetada no sistema.

A partir de 2015, por meio do Decreto Federal nº 8.493, o atendimento das Regiões Remotas passou a ser contratado pelo programa Luz para Todos, atendendo, além da necessidade de universalização do acesso à energia, também os sistemas isolados de geração de energia.

Contudo, apenas em 2018, é lançada a Política Nacional de Energia Solar Fotovoltaica (PRONASOLAR), com o objetivo de aumentar a participação de energias renováveis, com foco na energia solar fotovoltaica. O programa proporcionou linhas de crédito para a energia solar, incentivos à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, além de incentivos fiscais.

Em 2020, é instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica na Amazônia Legal - Mais Luz para a Amazônia, por meio do Decreto Federal nº 10.221. O Programa tem como objetivo atender as populações residentes em regiões remotas da Amazônia Legal e que não tem acesso aos serviços de energia elétrica, utilizando fontes de energia renovável.

E por fim, por meio da Lei Federal nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, é estabelecido o novo Marco Legal Solar no Brasil, permitindo a instalação de sistemas híbridos com baterias, permitindo a venda de créditos de energia para as concessionárias, estabelecimento da geração compartilhada de energia solar e passa a considerar esses projetos como prioritários e com benefícios ambientais e sociais relevantes.

2.4 COMUNIDADES QUILOMBOLAS E SUAS PARTICULARIDADES

Segundo o Decreto Federal nº 4.887, de 20 de novembro de 2003, em seu artigo 2º, os remanescentes das comunidades dos quilombos são definidos como:

“Os grupos étnico-raciais, segundo critérios de auto atribuição, com trajetória histórica própria, dotados de relações territoriais específicas, com presunção de ancestralidade negra relacionada com a resistência à opressão histórica sofrida”

A Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, instituída pelo Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, por sua vez, define Povos e Comunidades Tradicionais como:

“Grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição.”

Os conceitos acabam se misturando, de forma que podemos considerar as comunidades quilombolas como comunidades com características sociais, econômicas e culturais bem definidas, que possuem um histórico relacionado principalmente ao tempo da escravidão, tendo um papel bastante representativo em lutas e causas sociais no meio rural, essencialmente, lutando pelo reconhecimento dos territórios, historicamente, ocupados por eles (DE OLIVEIRA & MATTA, 2022).

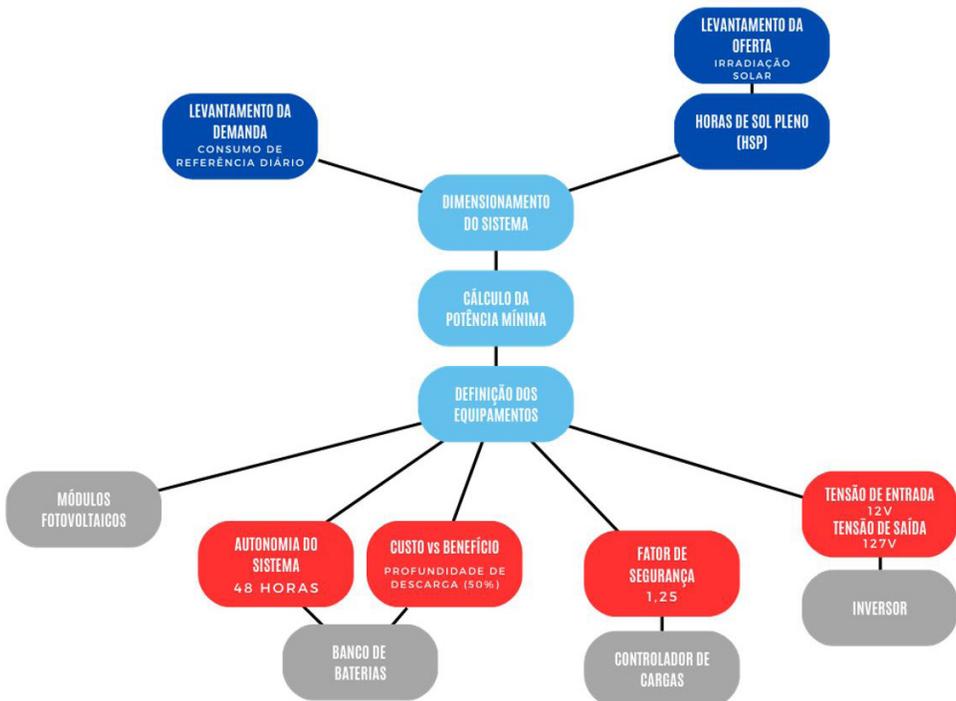
Por serem povos intrinsecamente caracterizados pela transmissão da cultura ao longo das gerações, muito se discute sobre a inclusão tecnológica, principalmente pelo receio de que esse conjunto de crenças, tradições, cultura e identidade seja perdido. Por outro lado, a utilização, principalmente, da energia elétrica significa uma série de melhoras na qualidade de vida dessas populações (DI LASCIO & FAGUNDES BARRETO, 2009), passando desde a iluminação das casas até o beneficiamento dos produtos resultantes de atividades extrativistas, que pode trazer ganhos financeiros para essas comunidades.

Ainda assim, essa introdução precisa ser feita com cautela, por mais que a falta de energia signifique falta de desenvolvimento, a forma como os modelos de como será feito o fornecimento precisam ser adequados à essas realidades, tanto geográficas, sociais, culturais e econômicas.

3 METODOLOGIA

Este capítulo considerou os principais elementos para dimensionar um sistema solar fotovoltaico isolado baseado nos seguintes aspectos: Levantamento da demanda de energia, por meio do consumo diário médio de uma unidade consumidora; Levantamento da Oferta de energia solar, por meio dos valores de irradiação solar e de Horas de Sol Pleno (HSP). Assim, é possível dimensionar um sistema fotovoltaico, calculando a potência mínima necessária para atender a demanda de energia e definindo os equipamentos adequados para o funcionamento do sistema, atentando sempre para o equilíbrio do custo-benefício (Figura 3).

Figura 3: Fluxograma do Dimensionamento de um Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (*off-grid*).



Fonte: Autor, 2023.

3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado um levantamento bibliográfico de produções científicas indexadas em bases de dados, principalmente SciELO e Google Scholar, utilizando as palavras chaves “Sistemas Fotovoltaicos”, “Comunidades Isoladas”, “Sustentável” e “Fontes Alternativas”, mantendo o período das publicações nos últimos 13 anos, ou seja, entre os anos de 2010 e 2023.

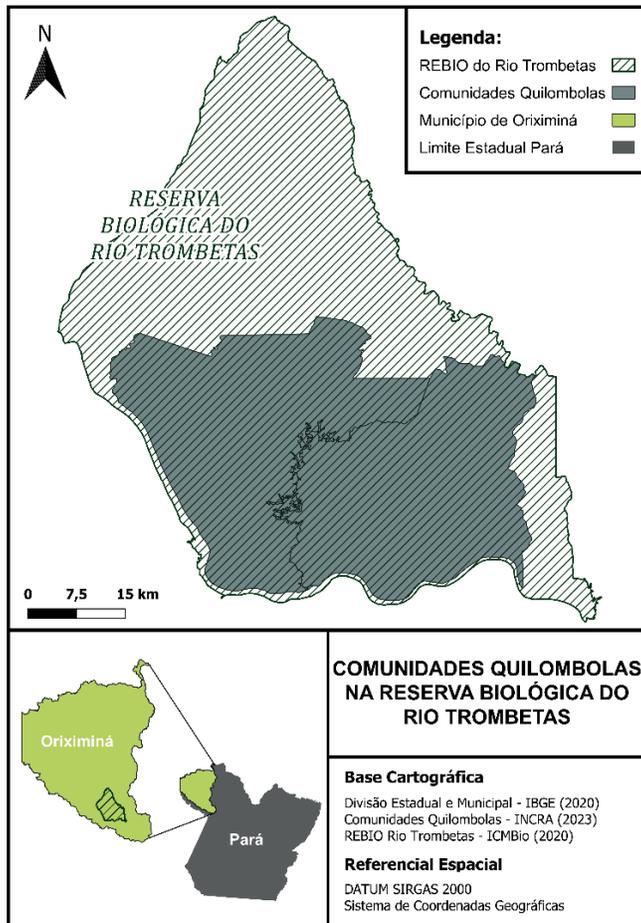
Para seleção dos artigos foi realizada a leitura dos títulos e resumos e identificados aqueles que utilizavam fontes alternativas de energia em comunidades isoladas. Em seguida, os trabalhos foram selecionados com base no tipo de produção acadêmica, dando-se preferência aos artigos publicados em periódicos. Finalmente, os materiais foram lidos na íntegra para a aquisição das informações necessárias para compor o quadro síntese.

3.2 ÁREA DE ESTUDO

As informações sobre o potencial energético solar e sobre o consumo médio diário foram baseadas nos dados referentes a dois territórios quilombolas localizados dentro da Reserva Biológica do Rio Trombetas (REBIO Rio Trombetas), no município de Oriximiná-PA. Os Territórios Quilombolas Alto Trombetas I e II abrangem 14 comunidades e, aproximadamente, 400 famílias (CPI-SP, 2021; MENDES & De CARVALHO, 2023).

As comunidades são certificadas pela Fundação Cultural Palmares como Comunidades Remanescentes de Quilombos, contudo em relação à situação fundiária, os Territórios mediante o Instituto de Terras do Pará (ITERPA) encontram-se: parcialmente titulado, no caso das comunidades do Território Alto Trombetas I e, não tituladas, para as comunidades no Território Alto Trombetas II. Essas indefinições, associadas a outros conflitos sociais e ambientais que ocorrem na região (MENDES & De CARVALHO, 2023) dificultam o acesso dessas comunidades à energia elétrica por meio da geração distribuída, tornando a utilização de geradores à diesel aparentemente, a única opção para essas comunidades.

Figura 4: Comunidades Quilombolas localizadas dentro da Reserva Biológica do Rio Trombetas.



Fonte: Autor, 2023.

3.3 LEVANTAMENTO DA DEMANDA E DO CONSUMO ELÉTRICO

Para dimensionar corretamente um sistema solar fotovoltaico isolado que pode ser instalado, é preciso que tenhamos conhecimento da quantidade de energia que é consumida diariamente em cada unidade consumidora, neste caso, em cada residência da comunidade. Por meio do levantamento realizado junto à comunidade, é possível relacionar os equipamentos presentes nas casas, bem como suas respectivas potências, horas de uso diárias, bem como o consumo total diário de cada equipamento (Tabela 1). A equação 1 mostra como é realizado o somatório dos consumos de cada equipamento para calcular o Consumo médio diário de energia (L):

$$L = \sum N_i \times Pot_i \times T_i \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

N = Quantidade de Equipamentos

Pot = Potência de cada equipamento

T = tempo de utilização diário de cada equipamento

Tabela 1: Levantamento do Consumo Médio Diário por Residência (L) na Comunidade Quilombola.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	TEMPO DE UTILIZAÇÃO (h)	CONSUMO DIÁRIO (Wh)
LÂMPADAS	4	15	6	90
TELEVISÃO	1	90	6	540
SOM	1	50	8	400
FREEZER	1	200	24	4800
TOTAL (L)	-	-	-	5830

Fonte: Autor (2023).

3.4 AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR

Conhecida a demanda diária de energia para cada unidade consumidora, é preciso agora conhecer qual o potencial energético, neste caso, solar para a região alvo. Um sistema fotovoltaico depende principalmente da quantidade de radiação incidente sobre cada painel fotovoltaico, para isso utilizam-se os valores de irradiação solar diária média em kWh/m².dia, fornecidos pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito (CRESESB) para a estação mais próxima da área mais próxima da área alvo, localizada no município de Oriximiná, no estado do Pará (Figura 2).

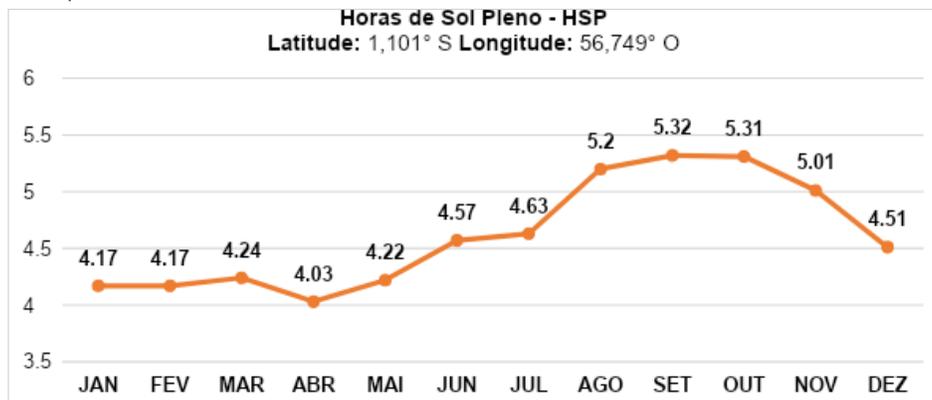
Tabela 2: Valores de Irradiação solar diária média, em kWh/m².dia, registrados para a estação de referência mais próxima, localizada no município de Oriximiná-PA. Destaque em vermelho para o mês com menor irradiação e, em azul para o mês com maior irradiação solar.

Irradiação solar diária média [kWh/m ² .dia]												
Latitude: 1,101° S Longitude: 56,749° O												
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MED
4,17	4,17	4,24	4,03	4,22	4,57	4,63	5,20	5,32	5,31	5,01	4,51	4,61

Fonte: CRESESB (2023).

Conhecidos os valores médios de irradiação solar diária é possível calcular a quantidade de horas de sol pleno (HSP), dividindo os valores de irradiação por 1000 W/m² (Figura 5). O número de horas de sol Pleno reflete por quanto tempo a irradiância solar permanece constante e acima de 1000 W/m² (PINHO & GALDINO, 2014).

Figura 5: Valores de Horas de Sol Pleno (HSP) registrados para a estação de referência mais próxima, localizada no município de Oriximiná-PA.



Fonte: CRESESB (2023).

3.5 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA ISOLADO (OFF-GRID)

3.5.1 Cálculo da Potência Pico

Por meio do levantamento dos valores de referência de consumo local e do potencial energético solar na região, é possível dimensionar um Sistema Fotovoltaico isolado que seja capaz de atender às necessidades locais. O cálculo da Potência Pico do arranjo fotovoltaico (P_p), dividindo o valor do consumo diário de referência (L) pelo menor valor médio mensal de Horas de Sol Pleno registrado durante o ano, para que o sistema seja capaz de suprir a demanda energética local mesmo no pior cenário possível, em relação à disponibilidade do recurso solar, e por fim, multiplica-se o resultado por um fator de segurança de 1,25 (Equação 2).

$$P_p = 1.25 \times \frac{L}{(HSP)_\beta} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

L = Consumo Diário de referência (Wh)

$(HSP)_\beta$ = Menor valor de horas de sol a pico (h)

1.25 = Fator de Segurança

3.5.2 Módulos Fotovoltaicos

A quantidade de módulos que irão compor o sistema é a razão entre a potência pico de todo o arranjo e a potência nominal do módulo que foi escolhido (Equação 3).

$$N_{MÓDULOS} = \frac{P_{FV}}{P_{MÓDULO}} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

P_{FV} = Potência Mínima Requerida do Arranjo Fotovoltaico diariamente (W)

$P_{MÓDULO}$ = Potência nominal do módulo Fotovoltaico (W)

3.5.3 Banco de Baterias

Diferentemente dos sistemas conectados à rede de distribuição, os sistemas isolados precisam ter reservas de energia durante o período da noite e em períodos nos quais a radiação solar não consiga atender a demanda. Neste caso é necessário que exista um banco de baterias que possam armazenar energia para esses momentos. Para dimensionar o banco de baterias, de modo que tenha capacidade suficiente, além de também ser necessário atentar para autonomia com que se deseja trabalhar, representada pela quantidade de tempo que as baterias deverão suprir caso o sistema fotovoltaico falhe ou não esteja produzindo.

Em relação à autonomia, a Resolução Normativa da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021, estabelece que para fontes solares, o sistema deve ter autonomia de pelo menos 36 horas. Contudo, observada a dificuldade de acesso ao local de instalação, optou-se por estabelecer uma autonomia de 48 horas para o sistema de cada unidade consumidora.

Outro fator primordial no dimensionamento do banco de baterias é a vida útil das baterias, que por terem um custo bastante elevado, precisam que a relação custo-benefício esteja, no mínimo, balanceada. Visando manter uma vida útil entre 8 e 10 anos, optou-se por manter a descarga máxima das baterias em 50%, que reflete o percentual máximo que a bateria pode ser descarregada.

Por fim, considera-se uma bateria com 12V e 357Ah para calcular a quantidade de baterias necessárias segundo a equação 4:

$$N_{BATERIAS} = \frac{C_B \times \text{autonomia}}{\text{Profundidade de Descarga} \times \text{Tensão da Bateria}} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

C_B = Capacidade da Bateria (Wh)

Autonomia = 48 horas

Profundidade de Descarga = 50%

3.5.4 Controlador de Carga

Outro componente importante do sistema fotovoltaico isolado é o controlador de carga, ele fará com que a tensão fornecida na saída pelo conjunto fotovoltaico seja compatível com o banco de baterias. Para proteger o sistema em casos extremos recomenda-se extrapolar o cálculo da corrente do controlador em, pelo menos, 25%. No cálculo da corrente mínima do controlador de carga leva-se em consideração também a Demanda Diária de Energia que o sistema deverá suprir e as características dos equipamentos, conforme a equação 5:

$$L_{CC} = \frac{P_{FV}}{\eta_{bat} \times \eta_{inv}} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

P_{FV} = Demanda Diária de Energia (Wh)

η_{bat} = Eficiência da Bateria

η_{inv} = Eficiência do inversor

3.5.5 Inversor

O inversor será responsável por transformar a energia proveniente do arranjo fotovoltaico, neste caso, de 12V em corrente contínua para a energia que será utilizada nas unidades consumidoras, com 127V em corrente alternada. O condicionamento da potência realizado pelo inversor depende também de uma fator de eficiência relacionado ao local em que o sistema deverá operar, optando-se pelo valor de 0.75 (Equação 6).

$$P_{INVERSOR} = P_{FV} \times \text{EFICIÊNCIA ENERGÉTICA} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

P_{FV} = Potência Mínima Requerida do Arranjo Fotovoltaico diariamente (W)

Eficiência Energética = Fator de Dimensionamento de Inversores = 0.75

3.5.6 Orientação e Inclinação dos Módulos

Outros Fatores que influenciam a eficiência de um Sistema Solar Fotovoltaico são a orientação e a inclinação com que os módulos serão instalados. O ângulo de inclinação para um determinado sistema depende diretamente do seu tipo e da sua localização onde será utilizado. A inclinação está relacionada à latitude do local de instalação, recomendado que o ângulo de inclinação seja, no mínimo, de 10°, para

favorecer a autolimpeza dos módulos utilizando a água da chuva e também aproveitar todo o potencial solar (CAMIOTO & GOMES, 2018; MOURA *et al.* 2019). A orientação das placas segue o mesmo princípio, buscando a maior incidência de raios solares e evitando as áreas sombreadas. Para sistemas localizados no Hemisfério Sul recomenda-se direcionar as placas para o Norte (JÚNIOR *et al.* 2018).

3.6 ANÁLISE DA EVITAÇÃO DE CO₂

A principal preocupação quanto ao uso de combustíveis fósseis para a geração de energia diz respeito a emissão de gases poluentes, principalmente gás carbônico (CO₂). Para quantificar quanto de CO₂ deixaria de ser enviado para a atmosfera adota-se a metodologia proposta por Kurek (2018), que considera que a utilização de 1L de combustível fóssil é responsável pela emissão de 2,31 kg de CO₂.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TABELA SÍNTESE

A Tabela 3, produzida a partir da metodologia aplicada para o Levantamento Bibliográfico, contém 8 artigos que abordam a utilização de Sistemas Fotovoltaicos ou Híbridos em localidades isoladas. A tabela também apresenta o ano de cada publicação, o título de cada produção, além do local onde foi aplicada e o tipo de energia ou associação que foi estudada.

Tabela 3: Tabela Síntese das informações obtidas durante a etapa de Levantamento Bibliográfico sobre Uso de Fontes de Energia Alternativas em Comunidades Isoladas.

Ano	Autor(es)	Título	Local	Tipo de Energia
2012	Bekele, Tadesse	Feasibility study of small Hydro/PV/Wind hybrid system for off-grid rural electrification in Ethiopia	Distrito de Dejen, Etiópia	Eólica + Solar + Hidrelétrica
2012	Silva <i>et al.</i>	Energização em comunidade isolada com sistema híbrido eólico e solar-fotovoltaico e erradicação da miséria: estudo de caso de uma comunidade quilombola na Bahia.	Comunidade Quilombola, Tremedal-BA	Eólica + Solar Fotovoltaica
2017	Al-Addous <i>et al.</i>	Performance analysis of off-grid PV systems in the Jordan Valley	Vale do Jordão, Israel/Jordânia	Solar Fotovoltaica
2019	Xu <i>et al.</i>	Off-Grid Solar PV Power Generation System in Sindh, Pakistan: A Techno-Economic Feasibility Analysis	Província de Sindh, Paquistão	Solar Fotovoltaica

2021	Sousa <i>et al.</i>	Sistema Fotovoltaico Off Grid para comunidade ribeirinha na Região Insular de Belém - Pará	Ilha das Onças, Barcarena-PA	Solar Fotovoltaica
2021	Akinsipe <i>et al.</i>	Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria	Jos, Nigéria	Solar Fotovoltaica
2021	Junior <i>et al.</i>	Sistema individual de Energia Elétrica com fonte intermitente fotovoltaico off grid implantada em uma habitação ribeirinha no Município de Manacapuru - AM	Comunidade Ribeirinha, Manacapuru-AM	Solar Fotovoltaica
2022	Miravet-Sánchez <i>et al.</i>	Solar photovoltaic technology in isolated rural communities in Latin America and the Caribbean	Provincia de Guantánamo, Cuba	Solar Fotovoltaica

4.2 RESULTADOS DO DIMENSIONAMENTO

De acordo com a metodologia utilizada, a Tabela 3 mostra os resultados do dimensionamento do Sistema Fotovoltaico. A partir de um consumo de referência de 5.83kWh diários, obteve-se uma Potência Pico de 1.80 kWp para o sistema, seguindo também a recomendação disposta na Resolução nº 1.000/2021 da ANEEL. O arranjo deverá ser composto de 6 módulos fotovoltaicos de 340W, totalizando uma potência total instalada de 2.04 kW. O controlador de cargas deverá suportar uma corrente mínima de 60A e o inversor precisará possuir uma Potencial Nominal de, no mínimo, 2000W.

Tabela 4: Resultados do Dimensionamento do Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (*off-grid*).

Dados	Resultados
Consumo de Referência (Diário)	5.83 kWh
Potência Pico do Sistema Fotovoltaico	1.80 kWp
Quantidade de Módulos Fotovoltaicos	6 Módulos
Potência Total Instalada do Sistema Fotovoltaico	2.04 kW
Quantidade de Baterias	5 Baterias
SAÍDA MÁXIMA NO CONTROLADOR DE CARGA	60 A
POTÊNCIA MÍNIMA DO INVERSOR	2000W

Fonte: Autor, 2023.

Para dimensionar o sistema foram calculados todos os equipamentos de acordo com a necessidade do projeto, buscando também otimizar a relação custo-benefício, optando-se por modelos com maior durabilidade. As especificações de cada equipamento estão relacionadas nas tabelas a seguir:

Tabela 5: Especificações Técnicas dos Módulos Fotovoltaicos selecionados para o Projeto.

PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO RESUN 340W POLICRISTALINO	
Potência máxima	340 Wp
Tensão de potência máxima	38,3 V
Corrente de potência máxima	8,86 A
Tensão de Circuito aberto	46,8 V
Corrente de curto-circuito	9,38 A
Tipo de células	Silício Policristalino
Garantia	12 anos

Fonte: Energy Shop (2023).

Tabela 6: Especificações Técnicas das Baterias selecionadas para o Projeto.

BATERIA ESTACIONARIA 240AH DA FREEDOM DF4100	
Capacidade Nominal	240 Ah
Tensão	220 V
Peso	60,30 kg
Vida útil	superior a 4 anos

Fonte: Energy Shop (2023).

Tabela 7: Especificações Técnicas do Controlador de Carga selecionado para o Projeto.

CONTROLADOR DE CARGA SUN ENERGY ESMART3 60A 12/24/36/48V MPPT	
Corrente nominal	60A
Tensão da bateria	12V/24/36/48V
Tensão máxima do painel solar	150V
Máxima potência de entrada 12V	780W
Máxima potência de entrada 24V	1560W
Máxima potência de entrada 36V	2340W
Máxima potência de entrada 48V	3120W

Fonte: Energy Shop (2023).

Tabela 8: Especificações Técnicas do Inversor selecionado para o Projeto.

INVERSOR OFF GRID JAY ENERGY (2000W) - SENOIDAL	
Potência de trabalho	2000W
Tensão entrada	12/24V
Tensão saída	120V/220 +/- 5% RMS
Forma de onda	Onda Senoidal Pura

Fonte: Energy Shop (2023).

4.3 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Considerando os equipamentos apresentados anteriormente, a Tabela 9 apresenta as quantidades e os valores de cada parte, além de adicionar uma parte do valor para cabos e conectores que farão a interligação de todo o sistema entre si. Foi adicionado também o valor da mão de obra, considerando um custo equivalente a 30% do custo total dos equipamentos (GONÇALVES, 2013). Os valores dos equipamentos foram baseados nos preços apresentados no site energystore.com.br em abril de 2023.

Tabela 10: Valores Estimados, em reais, dos gastos para a instalação de um Sistema Solar Fotovoltaico Isolado (off-grid).

Equipamento	Quantidade	Valor Unitário	Custo Total
Módulos	6	R\$ 869,00	R\$ 5.214,00
Baterias	5	R\$ 1699,00	R\$ 8.495,00
Controlador de Carga	1	R\$ 1.499,00	R\$ 700,00
Inversor	1	R\$ 1.399,00	R\$ 1.000,00
Cabos e Conectores	-	-	R\$ 600,00
Total Equipamentos (1)	-	-	R\$ 17.207,00
Mão de Obra (2)	-	30% x (1)	R\$ 5.162,10
TOTAL (1) + (2)	-	-	R\$ 22.369,10

Fonte: Autor, 2023.

O custo inicial apresentado para o sistema totalizou R\$ 22.369,10. É importante ressaltar que, por mais que a vida útil seja de 12 anos para os módulos e acima de 4 para as baterias, ainda serão necessárias manutenções nos equipamentos com o passar do tempo. Considerando que o alvo do projeto são comunidades isoladas, é interessante que haja a capacitação de membros dessas comunidades para que realizem essas manutenções, possibilitando, além do acesso aos equipamentos, a diminuição do custo das manutenções.

4.4 ANÁLISE DA EVITAÇÃO DE CO₂

Para calcular a quantidade de CO₂ que deixaria de ser enviada para a atmosfera a partir da adoção de um sistema solar fotovoltaico em detrimento da utilização de um gerador à base de combustível, optou-se por considerar que um gerador utiliza 0,404 litros para cada kWh de funcionamento.

Dessa forma, considerando apenas uma unidade consumidora, com um consumo diário de 5,83 kWh, seriam necessários 2,36L de combustível para que o gerador atendesse tal demanda. Essa quantidade de combustível emitiria diariamente 5,45 kg de

CO₂ para a atmosfera, 163,5 kg de CO₂ mensalmente, e anualmente, 1,9 toneladas de CO₂ seriam lançadas para a superfície.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia elétrica se tornou cada vez mais presente e necessária em nossas vidas, facilitando uma série de atividades e imprescindível para várias outras. A partir deste estudo é possível compreender a importância de comunidades Quilombolas isoladas terem acesso à energia de forma limpa e sustentável. Diversas publicações apontam para a utilização da energia solar fotovoltaica sendo usada como alternativa aos combustíveis fósseis em localidades principalmente na África, Ásia e América Latina. O projeto de sistema fotovoltaico para as comunidades presentes na REBIO Rio Trombetas aponta um custo relativamente alto, contudo possível devido a existência de linhas de crédito específicas para este fim. Por fim, a substituição da utilização de combustíveis fósseis por fontes de energia alternativas pode evitar que grandes quantidades de gases poluentes sejam depositados na atmosfera anualmente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKINSIPE, Olusola Charles; MOYA, Diego; KAPARAJU, Prasad. Design and economic analysis of off-grid solar PV system in Jos-Nigeria. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, p. 125055, 2021.

AL-ADDOUS, Mohammad et al. Performance analysis of off-grid PV systems in the Jordan Valley. **Renewable Energy**, v. 113, p. 930-941, 2017.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. **“Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica”**. 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. **“Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST”**. 2015.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. **“Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010; nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020”**. 2021.

BASCHIERA, Luciene M.; FAGNANI, Maria A. The Photovoltaic Electrification in Isolated Communities of Cardoso Island State Park-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 38, p. 536-545, 2018.

BEKELE, Getachew; TADESSE, Getnet. Feasibility study of small Hydro/PV/Wind hybrid system for off-grid rural electrification in Ethiopia. **Applied Energy**, v. 97, p. 5-15, 2012.

BRASIL. Decreto nº 10.221, de 5 de fevereiro de 2020. **“Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica na Amazônia Legal - Mais Luz para a Amazônia”**. Brasília, 2020.

BRASIL. Decreto nº 4.873, de 11 de novembro de 2003. “**Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – ‘LUZ PARA TODOS’**”. Brasília, 2003.

BRASIL. Decreto nº 8.493, de 15 de julho de 2015. “**Altera o Decreto nº 7.520, de 8 de julho de 2011, que institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – ‘LUZ PARA TODOS’**”. Brasília, 2015.

BRASIL. Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002. “**Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no 9.648, de 27 de maio de 1998, no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 5.655, de 20 de maio de 1971, no 5.899, de 5 de julho de 1973, no 9.991, de 24 de julho de 2000**”. Brasília, 2002.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. “**Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS); altera as Leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e 9.427, de 26 de dezembro de 1996**”. Brasília, 2022.

BRASIL. Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996. “**Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica.**” Brasília, 1996.

CAMIOTO, F. C.; GOMES, V. P. R. G. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico nas residências uberabenses. **Revista Produção Online**, v. 18, n. 4, p. 1159-1180, 2018.

COLACO, T. L.; SPAREMBERGER, R. F. **Sociedade da informação: comunidades tradicionais, identidade cultural e inclusão tecnológica**. Revista de Direito Econômico e Socioambiental, v. 1, n. 1, p. 207-230, 2010.

CPI – Comissão Pró-Índio de São Paulo. **Quilombolas em Oriximiná**. São Paulo, 2021.

DE OLIVEIRA, Patrícia Torme; MATTA, Betânia de Assis Reis. Territórios Quilombolas No Estado Do Amazonas E Os Entraves Para O Reconhecimento Da Comunidade De São Francisco Do Bauana. **ContraCorrente: Revista do Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ciências Humanas**, n. 18, p. 208-231, 2022.

DI LASCIO, Marco Alfredo; FAGUNDES BARRETO, Eduardo José. **Energia e desenvolvimento sustentável para a Amazônia rural brasileira: eletrificação de comunidades isoladas**. Ministério de Minas e Energia, 2009.

DOS SANTOS, Marco Aurélio Cassemiro; Zamperin, João. Estudo Do Desperdício De Água Em Sistemas De Aquecedores Solares E Uma Solução Para O Caso. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba. 2017.

DOS SANTOS, Rodrigo Basilio; MARTINS, Victor Rezende; DE SOUSA BORGES, Rodolfo Rodrigues. Sistema de energia solar a partir de células fotovoltaicas: Estacionamento solar do Centro Universitário Unievangélica/Solar energy system from photovoltaic cells: Solar parking at the Unievangélica University Center. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 20097-20106, 2020.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2022: Ano base 2021**. Rio de Janeiro, 2022.

FERREIRA, André Luís; SILVA, Felipe Barcellos. Universalização do acesso ao serviço público de energia elétrica no Brasil: evolução recente e desafios para a Amazônia Legal. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 3, p. 135-154, 2021.

GONÇALVES, Franciane Andreza Veloso dos Santos. Avaliação técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos no Aeroporto Internacional de Belém. Orientador: João Tavares Pinho; Coorientador: Wilson Negrão Macedo. 2013. 99 f. Dissertação (**Mestrado em Engenharia Elétrica**). - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

GORJIAN, S.; CALISE, F.; KANT, K.; AHAMED, M. S.; COPERTARO, B.; NAJAFI, G.; ZHANG, X.; AGHAEI, M.; SHAMSHIRI, R. R. **A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses**. *Journal of Cleaner Production*, v.285, p.1-30, 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

HEMA - INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **Exclusão Elétrica na Amazônia Legal**: Quem ainda está sem Acesso na Amazônia Legal. São Paulo: 2020, 36 p.

JÚNIOR, Claudemiro Lima et al. Energia solar: metodologia para avaliação do local de instalação de sistema fotovoltaico fomentando a educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13, n. 3, p. 233-244, 2018.

JUNIOR, Josafá da Silva Lima; PEREIRA, John Icaro Matos; DE LIMA LIRA, Ricardo. Sistema individual de Energia Elétrica com fonte intermitente fotovoltaico off grid implantada em uma habitação ribeirinha no Município de Manacapuru-AM. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 118458-118475, 2021.

KEMPENER, R.; LAVAGNE, O.; SAYGIN, D.; SKEER, J.; VINCI, S.; GIELEN, D. **Off-Grid Renewable Energy Systems: Status and Methodological Issues**; Tech. Rep.; The International Renewable Energy Agency (IRENA): Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2015.

KUREK, Rodolfo. Diagnóstico do uso de grupos geradores estacionários a óleo diesel na região central de Ribeirão Preto-SP. **Mestrado em Tecnologia ambiental**, 2018.

MENDES, Raiana Siqueira; DE CARVALHO, Luciana Gonçalves. Entre diálogos e conflitos: o processo de regularização fundiária do território quilombola alto trombetas II. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 15, n. 1, p. 172-197, 2023.

MIRAVET-SÁNCHEZ, Bárbara Liz et al. Solar photovoltaic technology in isolated rural communities in Latin America and the Caribbean. **Energy Reports**, v. 8, p. 1238-1248, 2022.

MOURA, T. P.; ALCÓCER, J. C. A.; PINTO, O. R. O.; DOMINGOS, L. T. Geração De Energia Fotovoltaica: Análise Comparativa Entre Redenção No Brasil E Maputo Em Moçambique. **Enciclopédia Biosfera**. Vol. 16, n. 29. 2344-2359p. 2019.

PEREIRA, E. B., MARTINS, F. R., ABREU, S. L. de, & RÜTHER, R. **Atlas Brasileiro da Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2017.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; GONÇALVES, André Rodrigues; COSTA, Rodrigo Santos; LIMA, Francisco J. Lopes de; RÜTHER, Ricardo; ABREU, Samuel Luna de; TIEPOLO, Gerson Máximo; SOUZA Jefferson G. de. **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos, São Paulo: INPE. 80 p. 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro. CEPREL-CRESESB, 2014.

SILVA, Christian Nunes da, ROCHA, Gilberto de Miranda, SILVA, João Marcio Palheta da, CARVALHO, André Cutrim. **Uso dos Recursos Naturais da Amazônia Paraense**. Belém: GAPTA/UFPA. 2021.

SILVA, Eduardo Teixeira; TORRES, Ednildo Andrade; DA COSTA, Caiuby Alves. Energização em comunidade isolada com sistema híbrido eólico e solar-fotovoltaico e erradicação da miséria: estudo de caso de uma comunidade quilombola na Bahia. **identidade!**, v. 17, n. 1, p. 66-82, 2012.

SILVA, Luzilene Souza et al. Avaliação de custo benefício da utilização de energia fotovoltaica. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**, v. 5, n. 9, 2019.

SOUSA, Marina Costa de et al. Sistema Fotovoltaico Off Grid para comunidade ribeirinha na Região Insular de Belém-Pará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 9, p. 312-324, 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2016.

UN - United Nations. **Sustainable Development Goals**. New York: United Nations. 2015.

XU, Li et al. Off-grid solar PV power generation system in Sindh, Pakistan: a techno-economic feasibility analysis. **Processes**, v. 7, n. 5, p. 308, 2019.

SOBRE A ORGANIZADORA

Patricia Chaves de Oliveira- Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal Rural da Amazônia (1990); Mestra em Agronomia com concentração em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Lavras (1993) e Doutora em Ciências Agrárias com área de concentração em Sistemas Agroflorestais pela Universidade Federal Rural da Amazônia & EMBRAPA-CPATU (2005). É Professora Titular da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), criou o Laboratório de Estudos de Ecossistemas Amazônicos (LEEA), no qual desenvolvem se pesquisas na área de Ecofisiologia de vegetações amazônicas, Etnobotânica, Bioeconomia, bem como, atividades de extensão agrotecnológica voltadas ao fortalecimento de comunidades tradicionais na Bacia do rio Tapajós. Lotada no Instituto de Biodiversidade e Florestas, leciona as disciplinas de Fisiologia de Plantas, Ecofisiologia, BioEstatística e Manejo de Recursos Naturais na Amazonia. É docente do Programa de Pós Graduação em Recursos Naturais da Amazônia (PPGRNA), tendo exercido o cargo de Assessora de Relações Nacionais e Internacionais (ARNI) da UFOPA. Tem nas últimas décadas coordenado projetos para o desenvolvimento local, regional e internacional na Amazônia Legal, sob o financiamento de vários órgãos entre eles, a Organização para o Tratado da Cooperação Amazônica (OTCA), Global Environment Facilities (GEF), Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), Ministério da Integração Nacional (hoje Ministério do Desenvolvimento Regional-MDR), Ministério do Desenvolvimento Agrário (hoje MAPA), CNPq, MEC e FAPESPA.

<http://lattes.cnpq.br/9404905825433390>

ÍNDICE REMISSIVO

A

Alto Rio Trombetas 18, 19, 24, 25, 26, 34

Amazônia 1, 2, 4, 5, 6, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 23, 35, 36, 37, 38, 39, 42, 43, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 70, 71, 72, 73, 74, 84, 85, 86, 88, 89, 99, 100, 101

B

Bertholletia excelsa 18, 19, 21, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 50, 51, 74, 75, 76, 77, 80, 85, 86, 87, 94, 95, 96, 99, 100, 101

Bioeconomia 1, 7, 14, 15, 18, 74, 84

C

Castanha-do-pará 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 27, 33, 36, 37, 50, 84, 85, 86

Comunidades 1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 20, 23, 24, 25, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 50, 52, 53, 54, 55, 58, 60, 61, 66, 69, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 99

D

Drones 38, 39, 43, 45, 47, 48, 49

E

Energia elétrica 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 64, 67, 70, 71, 72

Energia solar fotovoltaica 52, 53, 55, 56, 57, 70

F

Fotogrametria 38, 43

M

Manejo 1, 3, 5, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 28, 29, 31, 35, 37, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 74, 100

P

Produto florestal 74

Q

Quilombolas 18, 19, 23, 24, 25, 36, 38, 39, 40, 42, 51, 53, 58, 60, 61, 70, 71, 77, 86, 88, 90, 92, 99, 100

R

Recursos ambientais 1

Regeneração 10, 18, 19, 26, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 50

S

SAFs 88

Sustentabilidade 1, 7, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 30, 34, 35, 48, 49, 50