



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana

Diego Pelozatto dos Santos e Nuelson Carlitos Gomes

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO SOLAR EM ÁREAS RURAIS NA GUINÉ-
BISSAU**

Rosana - SP
2022

Diego Pelozatto dos Santos e Nuelson Carlitos Gomes

Aproveitamento Energético Solar em Áreas Rurais na Guiné-Bissau

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria de Curso de Engenharia de Energia da Faculdade de Engenharia e Ciências - Rosana, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof Dr José Francisco Resende da Silva.

Rosana - SP
2022

S237a

Santos, Diego Pelozatto dos

Aproveitamento Energético Solar em Áreas Rurais na
Guiné-Bissau / Diego Pelozatto dos Santos. -- Rosana, 2022
69 p. : il., tabs., fotos, mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
de Energia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana

Orientador: José Francisco Resende da Silva

1. Guiné-Bissau. 2. Energia Renováveis. 3. Aproveitamento
solar. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Faculdade de Engenharia e Ciências
Câmpus de Rosana

DIEGO PELOZATTO DOS SANTOS E NUELSON CARLITOS GOMES

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE ENERGIA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

Prof. Dr. Leandro Ferreira Pinto
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Francisco Resende da Silva
Orientador/UNESP-Rosana

Prof. Dr. Lucas Teles de Faria
UNESP-Rosana

Prof. Dr. Flávio Camargo Cabrera
UNESP-Rosana

Rosana
Dezembro 2022

Dedicamos este trabalho, de modo
especial a nossas famílias, e aos eternos amigos
Guilherme Mickael Silva Barros e Gabriel Ferreira.

AGRADECIMENTOS

Eu Diego Pelozatto dos Santos, agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças todos esses anos cursando Engenharia de Energia, pois tiveram vários momentos difíceis no decorrer dessa vida acadêmica.

Aos meus pais, Mauro Hildo dos Santos e Rita Maria Pelozatto dos Santos, que me apoiaram constantemente, além da confiança no meu progresso e pelo apoio emocional e incentivo que serviram de alicerce para as minhas realizações. Agradecer também a minha irmã Deise, cunhado e sobrinho pelo apoio nesses anos. Aos amigos e colegas que fiz durante todos esses anos, ajudando uns aos outros superar as dificuldades da vida acadêmica (e que dificuldades) principalmente ao grupo projeto O DP que, de toda forma, ajudamos uns aos outros no decorrer do curso.

Agradecer em especial ao Gabriel Ferreira, o mais conhecido BiGOD, um cara alegre e parceiro que infelizmente não conseguiu finalizar o curso devido ao câncer que o levou precocemente dessa vida.

Ao professor/orientador José Francisco Resende, com muita admiração e carinho que gostaria de expressar meu agradecimento por tudo que você faz por mim e pela dedicação que deposita em suas aulas, gostaria de ter tido mais disciplinas com o senhor, pois sempre expressou suas experiências na vida e na profissão de forma a motivar em todas as aulas seguir nesse ramo.

A universidade e a todos os professores que participaram dessa etapa da minha vida, alguns bem rigorosos, mas com sempre o intuito de extrair o melhor de cada aluno.

Agradeço ao meu companheiro de trabalho de conclusão Nuelson, que ajudou a desenvolver esse projeto, além de ter me ajudado em diversas ocasiões nessa longa caminhada. E por fim, a todos os funcionários do Câmpus de Rosana, que sempre trabalharam de forma dedicada, que ajudou a manter o alto nível da universidade em todos os momentos difíceis na greve e na época da covid, meu muito obrigado.

Eu Nuelson Carlitos Gomes, agradeço a Deus, por me dar forças para finalizar o cursode Engenharia de Energia, pois foram muitas dificuldades que se não tivesse alguma força do bem oculta me empurrando, jamais eu conseguiria chegar até esse ponto.

Depois um especial agradecimento a minha família, que acreditou sempre em mim, em especial minha mãe e meus irmãos.

Ainda sim, estendo esse especial agradecimento a todos os professores que estiveram comigo durante todo esse processo de construção pessoal e acadêmico, meu muito obrigado. Reservo um espaço aqui para citar a professora Juliana que foi uma mãe que abriu sua casa e sua família pra me acolher nos momentos mais difíceis, agradeço muitos de coração. Não poderia deixar de agradecer os professores do campus em especial o Professor Renivaldo, o Michael Jones (estágio), Leonardo Paim (pesquisa), José Francisco Resende (TCC), Cláudio Conti (pesquisa), Lucas Teles, Andrea Conti, Andreia Zanetti, Letícia Bochi, Eloy Fonseca, Lucas Pinto, Cláudia Azevedo.

Não posso deixar de agradecer o pessoal do corpo técnico e administrativo que de forma direta ou indiretamente me ajudaram ao longo desses tempos. Estendo esse mesmo agradecimentos ao pessoal da segurança, as tias e tios de limpeza, meu muito obrigado a todos vocês.

De igual modo agradeço ao meu companheiro de trabalho de conclusão Diego Pelozatto, que ajudou a desenvolver esse projeto, além de ter me ajudado em diversas ocasiões ao longo dessa caminhada. Obrigado Brow!

Sigo agradecendo a todos os meus colegas e amigos os quais todos os nomes não caberia nessa folha de agradecimentos. Porém não posso esquecer de citar meu amigo e irmãozinho Jose Mijia Armijo e os amigos Lucas e Matheus Brizola, os quais dividi esse espaço com eles ao longo desses anos. Meu muito obrigado!

RESUMO

O aproveitamento solar na Guiné-Bissau, concretamente na região de Gabu, aldeia de Tassilima, cria a necessidade de elaborar um projeto piloto para geração de energia fotovoltaica. Para implementação desse projeto, avaliou-se o recurso energético solar local e, considerando o fato de Tassilima ser uma aldeia afastada da capital da região (Gabu), foi determinado o modelo de geração de energia solar *off grid*, aproveitando a radiação solar numa superfície horizontal, que na região de Gabu é próxima de 2061.8 kWh/m² ano. A implementação e utilização da energia solar no meio rural possibilita a melhoria das condições de vida dos moradores do meio rural, redefinindo a sustentabilidade nessa área e contribuindo significativamente para o crescimento das fontes renováveis na matriz energética do país. Ao dimensionar um sistema isolado, é necessário conhecer o perfil de carga da zona de implantação da instalação, para que a partir deste perfil se possam determinar os restantes elementos da instalação, por exemplo: o número de módulos a serem instalados, a potência e quantidade de bancos de baterias, a quantidade de controladores de carga, a potência máxima do inversor (ao utilizar cargas de corrente alternada) e, se possível, partes dos fios dos circuitos da instalação fotovoltaica. A análise destas simulações para cada época (janeiro e julho) e para cada semana, permite calcular o custo de instalação da energia solar, o que é considerado rentável para a Empresa Nacional de Distribuição de Eletricidade da Guiné em Bissau, porque a instalação fotovoltaica está muito longe da rede pública.

Palavras-chave: Guiné-Bissau, Energia Renováveis, Aproveitamento Solar.

ABSTRACT

The use of solar energy in Guinea-Bissau, specifically in the region of Gabu, village of Tassilima, creates the need to develop a pilot project for the generation of photovoltaic solar energy. For the implementation of this project, the local solar energy resource was evaluated and, considering the fact that Tassilima is a village far from the capital of the region (Gabu), *off grid* solar energy generation was determined, taking advantage of solar radiation on a horizontal surface, which in the region of Gabu is approximately 2061.8 kWh/m² year. The implementation and use of solar energy in rural areas makes it possible to improve the living conditions of rural residents, redefining sustainability in this area and significantly contributing to the growth of renewable sources in the country's energy matrix. When dimensioning an isolated system, it is necessary to know the load profile of the area where the installation is located, so that the remaining elements of the installation can be determined from this profile, for example: the number of modules to be installed, the power and quantity of battery banks, the number of charge controllers, the maximum power of the inverter (when using alternating current loads) and, if possible, parts of the wires of the circuits of the photovoltaic installation. The analysis of these simulations for each season (January and July) and for each week allows calculating the cost of installing solar energy, which is considered profitable for the National Electricity Distribution Company of Guinea. in Bissau, because the isolated photovoltaic installation is very far from the public grid.

Keywords: Guinea-Bissau, Renewable energy, Solar Exploitation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Guiné-Bissau na África.....	20
Figura 2: Gráficos de 2010 e 2012 do consumo final de energia.....	21
Figura 3: Repartição das centrais de produção por energia 2018.....	24
Figura 4: SSC vendidos em centros comerciais na Guiné-Bissau.....	26
Figura 5: Metas nacionais para perdas na rede de distribuição.....	27
Figura 6: Sistema fotovoltaico caseiro instalado pela FRES.....	29
Figura 7: Manutenção garantida pela FRES nos sistemas SSC.....	29
Figura 8: Evolução esperada da demanda total de eletricidade.....	31
Figura 9: Componentes de um sistema ligado à rede.....	33
Figura 10: Sistema Fotovoltaico Isolado.....	34
Figura 11: Sistema Híbrido e seus componentes.....	35
Figura 12: Demonstração da Célula e painel fotovoltaico.....	36
Figura 13: Modelo exemplo de controlador de carga.....	37
Figura 14: Exemplo de um Inversor para sistema fotovoltaico.....	38
Figura 15: Modelo de Bateria de íon de lítio.....	40
Figura 16: Exemplo de Bateria de fosfato de ferro de lítio.....	41
Figura 17: Baterias de níquel sólido instalados em um sistema fotovoltaico.....	42
Figura 18: Exemplo de Bateria de Chumbo-ácido.....	43
Figura 19: Localização geográfica de Tassilima.....	44
Figura 20: Inclinação angular do módulo.....	49
Figura 21: Inversor Epever UPower-Hi UP 5000 / Esquema Híbrido.....	50
Figura 22: Bateria JYC 24V escolhida para o projeto.....	53
Figura 23: Irradiação média por mês.....	54
Figura 24: Exemplo de orçamento do projeto.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Consumo em GWh na Guiné-Bissau.....	21
Tabela 2: Projeção da procura de eletricidade.....	31
Tabela 3: Metas para o setor elétrico da Guiné-Bissau para 2030.....	32
Tabela 4: Representação da demanda da carga.....	48
Tabela 5: Características elétricas do inversor híbrido MPPT.....	52
Tabela 6: Dados técnicos da bateria JYC GP200.....	55
Tabela 7: Investimento no setor energético Guiné-Bissau.....	57
Tabela 8: Emissão de CO ² evitadas com a instalação desse projeto.....	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACDB	Associação comunitária de desenvolvimento Bambadinca
Ah	Ampère-hora
ALER	Associação Lusófona de Energias Renováveis
BOS	Balance of System
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
EEEP	ECOWAS Energy Efficiency Policy
EAGB	Empresa de Eletricidade e Água da Guiné-Bissau
FMI	Fundo Monetário Internacional
FRES	Fundação para Serviços de Energia Rurais
GB	Guiné-Bissau
GW	Gigawatts
GWH	Gigawatts hora
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
Km	Quilômetro
KV	Quilovolts
KWP	Quilowatts Pico
MW	Megawatts

ONG	Organização Não-Governamental
PAE	Produtores Autónomos de Eletricidade
PANEE	Plano de Ação Nacional para a Eficiência Energética
PANER	Plano de Ação Nacional para as Energias Renováveis
PIB	Produto Interno Bruto
PIE	Produtores Independentes de Eletricidade
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
SE4ALL	Energia Sustentável para Todos
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFI	Sistema Fotovoltaico Isolado
SSC	Sistemas Solares Caseiros
UE	União Europeia
VRLA	Valve Regulated Lead Acid

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.2 OBJETIVOS	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivo Específico	19
1.3 JUSTIFICATIVA	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 INFORMAÇÕES SOBRE A GUINÉ-BISSAU	19
2.2 SISTEMA ELÉTRICO DA GUINÉ-BISSAU	20
2.2.1 Matriz energética	23
2.3 POTENCIAL DE ENERGIA RENOVÁVEL	25
2.4 PROJETOS REALIZADOS	26
2.4.1 Sistemas Solares Caseiros	26
2.4.2 Minirredes	27
2.5 EMPRESAS OPERANTES NA GUINÉ-BISSAU	28
2.6 PLANO ENERGÉTICO 2030	30
2.7 MODELOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	33
2.7.1 Conectado a rede	33
2.7.2 Sistema Isolado	35
2.7.3 Híbridos	36
2.8 COMPONENTES BÁSICO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO.	37
2.8.1 Célula e Painel fotovoltaico	37
2.8.2 Controlador de carga	38
2.8.3 INVERSOR	40

2.8.4 Baterias	41
2.9 TIPOS DE BATERIAS	41
2.9.1 Bateria de íon de lítio	41
2.9.2 Baterias de Fosfato de Ferro de Lítio	42
2.9.3 Bateria de níquel sólido	43
2.9.4 Bateria de chumbo-ácido	44
3. ASPECTOS AMBIENTAIS	45
3 MATERIAIS E MÉTODOS	46
3.1. LOCAL DO ESTUDO	46
3.2 MÉTODOS	46
3.3 DIMENSIONAMENTO	48
3.3.1 Determinação do perfil de carga de consumo	48
3.3.2 Determinação do tamanho do sistema (área e número de módulos)	49
3.3.3 Determinação do ângulo da inclinação	50
3.3.4 Determinação da capacidade do inversor	51
3.3.5 Determinação da capacidade do armazenamento	53
4 RESULTADOS	56
4.1 VIABILIDADE DO PROJETO	57
4.2 ORÇAMENTO DO PROJETO	59
4.3 PAYBACK	60
4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS	62
5 CONCLUSÃO	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é um produto de consumo cuja importância cresceu rapidamente nas últimas décadas devido ao seu papel como insumo fundamental nos processos produtivos industriais e nos setores de serviços e comércio em geral, bem como para a comodidade das residências em todo o país.

A energia tem sido considerada a base do crescimento económico mundial. O mundo atual enfrenta um crescente aumento da procura deste recurso, provocado pelo aumento da população, pela industrialização e melhoria do nível de vida das populações (PINHO, 2012).

Porém, muitos lugares carecem desses recursos que, em pleno século XXI, ainda vivem de forma precária. No Brasil isso acontece nos sertões e áreas afastadas da civilização, como é o caso das aldeias indígenas. Já em outros países, o problema é ainda mais grave, já que a energia elétrica é inexistente em cidades e regiões de grande porte.

Países do continente africano sofrem com a falta de desenvolvimento energético no continente, onde, apenas capitais e grande regiões usam geradores a diesel para ter sua eletricidade, regiões rurais ou pequenas cidades não tem acesso ou tem de forma precária.

A África tem os maiores recursos solares do mundo, mas só tem instalados 5 Gigawatts (GW) de painéis fotovoltaicos, ou seja, menos de 1% da capacidade mundial instalada (ÁFRICA, 2019). Um dos países da região que menos desenvolve o seu potencial elétrico fotovoltaico, é a Guiné-Bissau.

A Guiné-Bissau é um país da África Ocidental que faz divisa com Senegal e Guiné, é uma nação de pequena população, com aproximadamente 2 milhões de habitantes, sendo a maioria a população rural (BANCO MUNDIAL, 2021).

Administrativamente, o país está dividido em 8 regiões e 1 setor autônomo as regiões estão divididas em setores (36 no total) e estes em seções, vivendo em tabancas (grupos de casas rurais), e constituindo mais de 70% da população. Um país de economia precária devido às guerras recentes e as constantes instabilidades governamentais.

A economia do país é baseada principalmente no setor primário. Os setores da agricultura (na sua maioria o cultivo de caju e cereais) e da pesca contribuem para quase metade do Produto Interno Bruto (PIB) do país (49%), sendo os serviços(37%) a segunda maior fonte de riqueza. Diferente dos outros setores, o setor de indústria é limitado, contribuindo com apenas 14% do PIB nacional. (BANCO MUNDIAL, 2018).

Seu Índice de Desenvolvimento Humano também é um dos mais baixos da Terra, mais de dois terços da população vive abaixo da linha da pobreza. Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,424, ocupando a 178ª posição entre 188 países (PNUD, 2016). Um longo período de instabilidade política resultou em atividade econômica deprimida, deterioração das condições sociais e aumento dos desequilíbrios macroeconômicos.

O acesso a serviços básicos (eletricidade, saneamento básico, educação e saúde) é muito limitado e quase inexistente nas zonas rurais.

Apesar disso, a Guiné-Bissau começou a mostrar algum progresso econômico após um pacto de estabilidade assinado pelos principais partidos políticos do país, conduzindo a um programa de reformas estruturais apoiado pelo FMI.

A produção de energia elétrica no país é principalmente de origem térmica, produzida através de geradores a diesel na capital Bissau e nos principais centros urbano (PANNER, 2017). Estes geradores são geridos pela empresa governamental EAGB, pelos centros de produção regionais e por produtores independentes e autônomos conhecidos como Produtores Independentes de Eletricidade - PIE e Produtores Autônomos de Eletricidade - PAE respectivamente. A contribuição das energias renováveis é quase inexistente, havendo apenas alguns pequenos projetos implementados nas áreas rurais do país.

O presente trabalho visa realizar um estudo e implementação de um projeto fotovoltaico nas áreas que carecem de fornecimento de energia elétrica, como as áreas rurais de Guiné-Bissau. O tema foi escolhido devido ao entusiasmo dos estudantes pelas energias renováveis, das quais a energia solar fotovoltaica representará uma proporção significativa. Além de ajudar a desenvolver um dos países menos desenvolvidos do mundo na energia renovável que ainda tem uma grande dependência em energia térmica e não renovável. Será feito um estudo bibliográfico da região, além de avaliar a viabilidade econômica e ambiental do projeto, o rigor com que foi planejado, o cuidado com que foi realizado e a qualidade dos resultados obtidos com o sistema de geração.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em realizar um levantamento e análise de sistemas fotovoltaicos já instalados na Guiné-Bissau, além de analisar o progresso de projetos em andamento que acontecem no país, projetar e implementar um sistema fotovoltaico na região de Tassilima, um dos setores do país que não tem acesso a energia elétrica e com moradias predominantemente na área rural.

1.2.2 Objetivo Específico

- Identificar os principais problemas energéticos do país e da região de Gabu através da pesquisa bibliográfica.
- Avaliar a viabilidade econômica e ambiental para a implementação do projeto elétrico fotovoltaico nesta região.
- Dimensionar um sistema fotovoltaico para uma unidade de baixa tensão localizada na região de Gabu por meio da utilização do software PVsyst e modelo teórico.

1.3 JUSTIFICATIVA

A motivação para o desenvolvimento do presente trabalho se deve ao baixo nível de desenvolvimento elétrico fotovoltaico no país africano (Guiné-Bissau), principalmente na região de Gabu na pequena aldeia de Tassilima. Por se tratar de uma região rural e menos desenvolvida do mundo, a grande maioria não tem acesso a energia elétrica ou tem de forma precária e perigosa. Ao analisar as condições da região, foi decidido fazer um projeto econômico viável de forma a melhorar a qualidade de vida dos que residem naquela região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INFORMAÇÕES SOBRE A GUINÉ-BISSAU

A República da Guiné-Bissau é um país situado na costa ocidental da África (fig.1), de clima quente e húmido e uma extensão territorial de 36.125 km², sendo uma área pouco menor que o estado do Rio de Janeiro no Brasil, tendo uma parte continental e outra insular com acerca de 88 ilhas e ilhéus, povoado por uma população reduzida de pouco mais de 2 milhões de habitantes. No norte, a Guiné-Bissau faz fronteira com Senegal, já no Sul e Leste, com Guiné-Conacri e ao Oeste, com Oceano Atlântico.

cidades para o país. A primeira usina da região foi construída em 1983 para fornecer eletricidade às cidades de Bafatá, Gabu, e Bambadinca, mas foi desativada em 2012 devido a problemas de manutenção e falta de recursos. Na zona leste do país uma rede de 30 kV com cerca de 110 km interligava as cidades e vilas alimentadas pela central elétrica de Bafatá. Quando começaram nos anos 90 as primeiras avarias técnicas da central, a energia produzida não era suficiente para alimentar as cidades fora de Bafatá e a rede acabou por não ser utilizada, resultando em vandalismo e no roubo dos fios. Estima-se que a taxa de cobertura da rede elétrica nacional em 2010 era de 29,1% na cidade de Bissau e 4,3% nas outras regiões principais e apenas 1% nas áreas rurais (PANEE,2018).

Ainda nesse ano, o consumo de energia final foi apresentado na tabela abaixo, mostrando que de 2010 a 2012 o consumo de energia aumentou em 22%.

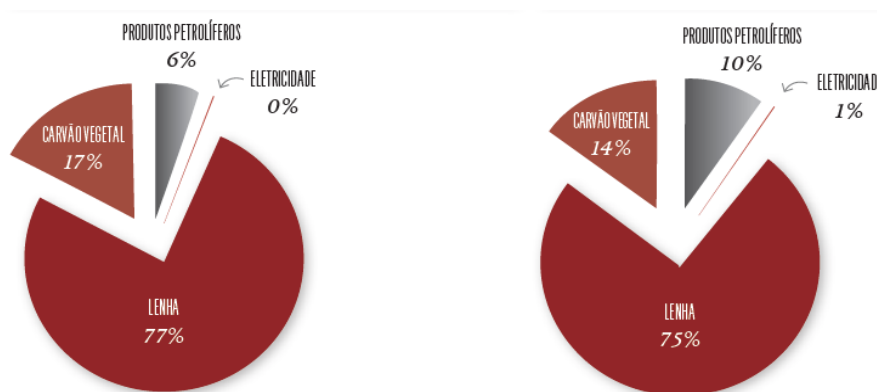
Tabela 1: Consumo em GWh na Guiné-Bissau.

ANO	CONSUMO TOTAL DE ENERGIA FINAL (GWh)
2010	4 041,64
2012	4 941,63

Fonte: PANEE

O consumo final de energia tem como sua grande maioria, a parte da queima da lenha, onde o país tem grandes recursos, porém houve um aumento, em relação a 2010, o uso de energia resultante petrolífero, o que faz com que o país corra contra a ideia de ser cada vez mais renovável. Na figura 2, mostra dados e comparação entre o ano de 2010 a 2012 e como a utilização de eletricidade no país é minúscula comparando com os outros recursos.

Figura 2: Gráficos de 2010 e 2012 do consumo final de energia.



Fonte: PANEE

Atualmente o país enfrenta o grande desafio de aumentar o acesso à energia elétrica e a segurança energética da sua população, principalmente em áreas onde a rede pública não chega. O ambiente político e econômico instável no país afetou o desenvolvimento de muitos setores, principalmente o setor de energia. Apesar disso, a Guiné-Bissau tem avançado na construção de infraestruturas energéticas, no entanto, grandes regiões do país não têm acesso a nenhum tipo de energia elétrica.

A eletrificação rural abrangeu dezenas de comunidades através da expansão de pequenas redes e da futura construção da rede nacional, porém, a geografia e a tecnologia colocam restrições econômicas na implantação das redes, dadas as alternativas disponíveis. Inovações tecnológicas recentes tornaram as redes isoladas ou microrredes uma alternativa viável. Acelerar a implantação de mini-redes pode desempenhar um papel importante no atendimento das crescentes necessidades energéticas do país africano (ALER, 2018).

Guiné-Bissau definiu em 2015 planos e estratégias ambiciosas, dos quais se destacam o Plano de Ação Nacional das Energias Renováveis (PANER) e em outros

órgãos governamentais. Estes planos se encaixam nas iniciativas energéticas regionais e internacionais e demonstram a vontade política para a promoção das energias renováveis, da eficiência energética e do acesso à energia sustentável para todos.

2.2.1 Matriz energética

A matriz energética nacional é baseada na biomassa tradicional e nos combustíveis petrolíferos importados. Os combustíveis de origem petrolífera, como por exemplo o diesel, são a principal fonte de produção de eletricidade, aumentando assim a dependência energética do país em relação ao exterior. O sistema elétrico atual, com uma potência operacional global a nível nacional estimada em cerca de 41 MW, porém não satisfazendo a grande parte da população, onde há apenas 9% de procura. Os problemas do sistema elétrico estão refletidos no estado atual da rede elétrica, que apresentam grandes perdas, tendo por consequência uma baixa taxa de eletrificação, estimada em apenas 15% a nível nacional (PANEE, 2015).

A contribuição das energias renováveis na matriz energética bem como na eletrificação rural ainda não é significativa. No entanto, existem planos de melhoria da rede e projetos de energias renováveis e eficiência energética para melhorar a situação atual e ultrapassar os constrangimentos do setor (PANEE, 2015).

Infelizmente, existem ausência de dados atualizados e corretos sobre a matriz energética da Guiné-Bissau, bem como sobre o potencial das energias renováveis, para resolver esse entrave, é necessário ter um investimento e implementar um novo sistema de informações energéticas, onde consiga centralizar todos os indicadores em uma plataforma, assim, facilita o crescimento e organiza de forma eficaz, dando um grande passo para o setor energético.

Apesar da ausência de dados específicos e atualizados, a Guiné-Bissau dispõe de vários recursos energéticos de origem renovável, dos quais se destacam a energia

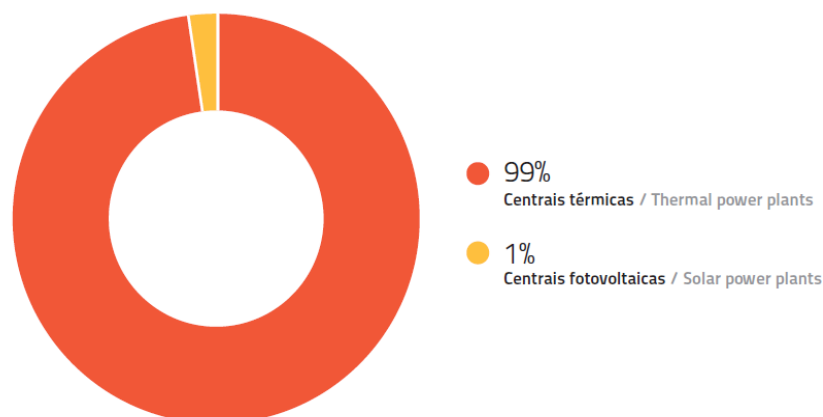
solar, a energia hídrica e a biomassa. A exploração destes recursos irá permitir ao país atingir as metas ambiciosas de instalar mais de 70 MW de potência de origem renovável até 2030, representando 75% da demanda total de eletricidade, com 80% de penetração das energias renováveis nos sistemas fora da rede, contribuindo assim para responder a 100% da demanda esperada em 2030 (PANEE, 2017).

O potencial de energia solar é relevante com uma irradiação global anual que varia entre 1800 kWh/m² e 2000 kWh/m². Já existem projetos de energia solar fotovoltaica dominam o setor, com vários projetos já implementados como é o caso de mini-redes, sistemas autônomos, sistemas solares caseiros e sistemas de bombagem de água. Prevê-se a implementação de vários novos projetos fora da rede e também de projetos ligados à rede, com uma potência superior a 30 MW.

O potencial da energia hídrica é também considerável e constitui também uma importante fonte para a diversificação do mix elétrico e aumentar o acesso à energia. O potencial é estimado em cerca de 30 MW, com projetos identificados na zona leste do país, nas bacias dos rios Corubal e Geba.

Em termos de energias renováveis, o país ainda está engatinhando, tendo suas primeiras aplicações em grande escala, apenas em 2014 com a implementação do projeto Bambadinca e a construção da primeira central fotovoltaica de 312 kWp fora da rede, na vila de Bambadinca. Além disso, em 2017 entrou em funcionamento uma central fotovoltaica de 100 kWp em Contuboel, elevando a potência total instalada de centrais fotovoltaicas a 412 kWp. Com estas duas centrais, as energias renováveis passaram a contribuir 1% para a potência atual instalada e operacional.

Figura 3 : Repartição das centrais de produção por energia 2018.



Fonte: ALER, 2018

Em 2017 teve início a construção da central fotovoltaica de Bissorã com uma potência total de 500 kWp. Prevê-se que esta seja inaugurada, e entre em funcionamento, ainda no decorrer de 2018, porém devido a sucessivos crises políticos no país, essas ações foram canceladas. Sendo assim, a contribuição das energias renováveis prevista a um total de 912 kWp até o final do ano 2018, correspondendo a 2,2% da potência total instalada, está incerto no momento.

2.3 POTENCIAL DE ENERGIA RENOVÁVEL

A Guiné-Bissau não dispõe de recursos energéticos fósseis no seu território. Até à presente data, não foram identificados recursos de petróleo, carvão mineral ou gás natural, os combustíveis de origem petrolífera são importados de países vizinhos, o que faz com que o país africano procure outras alternativas.

E essa pode estar nas energias renováveis, pois o país dispõe de vários recursos energéticos de origem renovável e que podem ser explorados como a energia solar, hídrica, maremotriz, eólica e biomassa. Dessas citadas, apenas biomassa e solar já tem projetos, mesmo pequenos, para a utilização para geração de energia.

No ano de base dos planos nacionais energéticos (2010) a contribuição das energias renováveis na matriz energética era nula tendo poucos projetos implementados e

concretizados de forma a aproveitar o potencial destes recursos. Segundo as metas definidas no Plano de Ação Nacional para as Energias Renováveis, a potência instalada de origem renovável atingirá 72 MW em 2030 (52% da carga de ponta), produzindo 321 GWh/ano (PANER, 2018).

Existem atualmente já vários exemplos de projetos implementados com diferentes tecnologias (fora da rede, sistemas domésticos, bombeamento solar, etc), no entanto existe ainda um enorme potencial para ser explorado.

2.4 PROJETOS REALIZADOS

2.4.1 Sistemas Solares Caseiros

Devido à baixíssima taxa de eletrificação tanto no país mas principalmente nas zonas rurais da Guiné-Bissau, os sistemas solares caseiros têm sido um diferencial para essas regiões. O principal projeto que promove esta tecnologia foi implementado pela FRES na região de Gabú, na parte leste do país. Com o apoio da UE, foram distribuídos 3000 kits para a população regional. Após a primeira fase de implementação, o projeto possibilitou e fez a instalação de outros 4.700 SSC até o final de 2018.

Também são vendidos SSC nos vários centros do país como mostra na figura 4. Os equipamentos são importados dos países vizinhos da região como Senegal e Gâmbia. O custo destes sistemas é relativamente baixo, mas os equipamentos são de baixa qualidade e têm baixa eficiência energética. Além dos Sistemas solares Caseiros, existem sistemas solares autônomos como postes de iluminação pública solar, que estão instalados em Bissau e nos principais centros urbanos do país (ALER, 2020).

Figura 4: SSC vendidos em centros comerciais na Guiné-Bissau.



Fonte: TESE, 2018

2.4.2 Minirredes

Os projetos de minirredes fora da rede são muito relevantes para o desenvolvimento das energias renováveis e a eletrificação rural na Guiné-Bissau. A falta de uma rede nacional de transporte e a baixa taxa de eletrificação tornam os sistemas fora da rede uma solução ideal para ultrapassar estas limitações, já que os planos de construção e extensão da rede não irão cobrir partes das áreas rurais.

A maior parte dos projetos fora de rede são de energia solar, já que é uma fonte que está disponível em todo o país e é uma tecnologia já testada a nível local. O país tem como objetivo até 2030 que 9% da população seja servida por sistemas fora da rede e em particular que a contribuição das energias renováveis, principalmente solar, representa cerca de 80% (PANER, 2018).

As perdas de eletricidade na rede de distribuição da Guiné-Bissau constituem uma das grandes barreiras que o sistema elétrico enfrenta no país. Em 2010 estas perdas chegaram a ser 40% do total da produção de eletricidade. As perdas, associadas à

situação precária da EAGB, mostram a necessidade de investimentos na produção de energia no país.

As causas reais das perdas são várias e têm de ser devidamente estudadas, fazendo a devida separação das perdas técnicas e das perdas comerciais que, nesse último caso, devido a furtos e ligações ilegais. Para evitar que ocorra esse problema, será necessário que o país tenha uma ação social forte para reduzir essas perdas (PANEE, 2017).

Com isso, a Guiné Bissau pretende, até 2030, reduzir suas perdas de 40% (em 2010) para apenas 10% em 2030 com taxa anual de redução de 1,5%, fazendo assim, atingir objetivos estabelecidos na EEEP.

Figura 5: Meta nacional para perdas na rede de distribuição.

	2010	2020	2025	2030
TOTAL DE PERDAS NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA (% DA PRODUÇÃO ELÉTRICA)	40%	28%	18%	10%
POUPANÇA ENERGÉTICA RESULTANTE DAS MEDIDAS DE EE NO SECTOR ELÉTRICO (GWH/ANO)	0	3	11	25
POUPANÇA ANUAL ENERGÉTICA NO SECTOR ELÉTRICO, RESULTANTE DAS MEDIDAS DE EE (EM MILHÕES DE FCFA)	0	579	1711	3757

Fonte: PANEE, 2017

2.5 EMPRESAS OPERANTES NA GUINÉ-BISSAU

Na Guiné-Bissau, há algumas empresas operando no setor elétrico, a principal delas é a EAGB, que tem desde a década de 90, o monopólio de produção, transporte, distribuição e comercialização no país. Na área das energias renováveis o maior produtor de energia elétrica de origem solar é a Bambadinca Sta Claro, um programa comunitário administrado pela ACDB que vem ajudando o país a se desenvolver e trazer energia para quem não tem acesso (FRES Guiné-Bissau, 2018).

Existe em construção a central solar de 10 MW no setor autónomo de Bissau, cuja produção será injetada na rede pública. No mercado dos combustíveis, existem diversas empresas que operam no país, entre elas estão a Petromar, Petrodis, ENGEN, Rotterbi e a FRES.

A Petromar, Petrodis, ENGEN e Rotterbi, atuam na comercialização de combustíveis derivados do petróleo. Já a FRES, atua exclusivamente na geração de energia renováveis em áreas rurais do país.

A Fundação Serviços de Energia Rural é uma pequena organização multinacional sem fins lucrativos, fundada em 2004, que desenvolve projetos de instalação de eletricidade em zonas rurais da África Subsaariana através da criação de pequenas empresas. Já na Guiné-Bissau a FRES começou a operar em 2011, inicialmente em Bafatá e na região oriental de Gabu.

A empresa fornece eletricidade através de (SSC) como citados anteriormente com um modelo diferenciado, chamado de *Pay-as-you-Go* ou em português de *taxa por serviço*, ou seja, os clientes pagam uma taxa mensal através de um sistema de pagamento móvel e podem atualizar os sistemas quando for necessário (ALER, 2018).

Figura 6: Sistema fotovoltaico caseiro instalado pela FRES.



Fonte: ALER, 2018

Após grande ascensão nos últimos anos, a empresa conseguiu densificar a sua presença nas regiões onde já estava presente e acrescentar mais duas regiões no sudoeste do país, a região de Quinara e Tombali. Até o presente momento, a FRES já investiu cerca de três milhões de euros apenas na Guiné-Bissau. Atualmente a FRES Guiné Bissau beneficia mais de 33.000 pessoas com energia solar sustentável (residências, pequenos comércios, escolas, postos de saúde, etc). Além disso, a empresa assume a responsabilidade por toda a manutenção e substituição de produtos defeituosos, assegurando assim uma utilização sustentável a longo prazo (ALER, 2018).

Figura 7: Manutenção garantida pela FRES nos sistemas SSC.



Fonte: ALER, 2018.

2.6 PLANO ENERGÉTICO 2030

O Governo da Guiné Bissau pretende ter programas que visam a implementação de um modelo energético eficiente, baseado na racionalidade econômica e na sustentabilidade, através da conjugação entre a adoção de medidas de eficiência energética e a utilização de energia proveniente de fontes renováveis, por outro, na reduzir os custos da energia. Dessa forma, a Guiné-Bissau pretende reduzir a dependência energética do país e garantir a segurança de abastecimento através da promoção de uma matriz energética equilibrada (PANER, 2017).

O potencial elétrico do país é estimado em 71 GWh/ano até 2030, com projetos de redução de perdas, iluminação e biomassa e energia fotovoltaica. Porém, a criação e o desenvolvimento do mercado, a estruturação do quadro institucional bem como o reforço da capacitação são passos necessários para a concretização destas metas ambiciosas. Segundo a ALER, até 2030, prevê que haverá um aumento de 287% da procura de eletricidade, quase 1,70 milhões de novos habitantes terão acesso à eletricidade. Estes indicadores demonstram que apesar da pequena dimensão do país, existe um enorme potencial de crescimento do setor energético (ALER, 2020).

Tabela 2: Projeção da procura de eletricidade.

Ano Year	Procura total estimada (GWh) Total estimated demand (GWh)	Evolução em relação ao ano base (%) Evolution with respect to base year (%)
2010 (Base)	141	-
2020	284	101
2030	546	287

Fonte: PANER, 2017

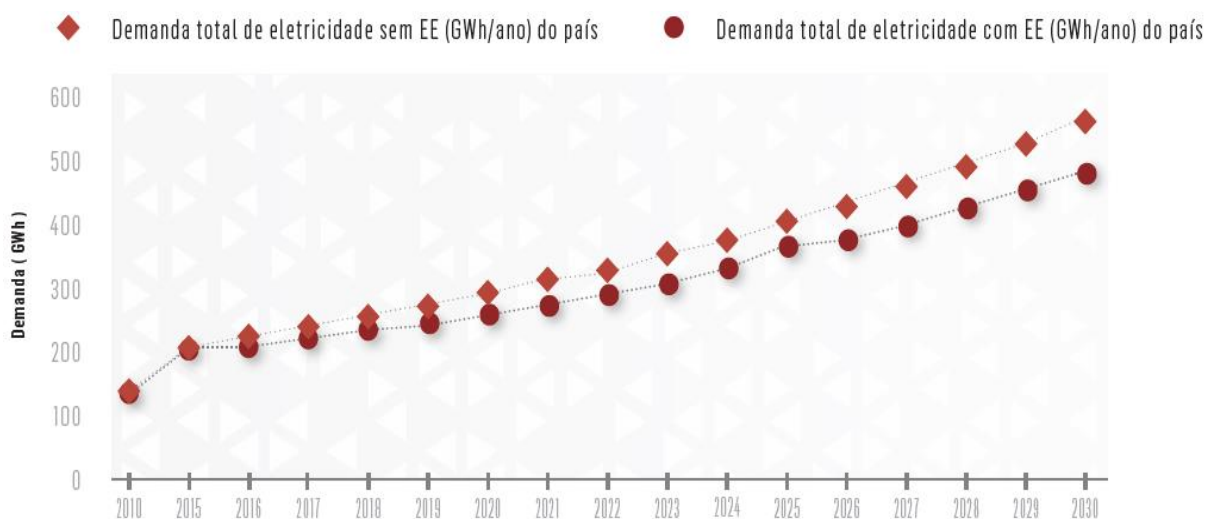
Para essa meta ser batida até lá, será necessário uma maior participação do setor privado, já que, nesse momento, se encontra numa fase embrionária, já que a maioria dos projetos são financiados por instituições internacionais ou por ONGs. Enquanto isso não acontece, a Guiné-Bissau formula o seu planeamento energético 2030 e busca parceiros, além da cooperação já existente e da parte internacional, para que as metas sejam batidas até lá.

Tabela 3: Metas para o setor elétrico da Guiné-Bissau para 2030.

	PLANEJAMENTO ENERGÉTICO 2030	2020	2025	2030
Eficiência energética no sistema elétrico	Total das perdas técnicas de eletricidade	30%	20%	10%
Eficiência energética na edificação	Redução de consumo	10%	20%	30%
Rede de distribuição	Redução de perdas	20%	15%	10%
Eficiência energética na indústria	Redução de consumo	10%	20%	30%
TAXA DE ELETRIFICAÇÃO	Áreas comerciais e rurais	37%	59%	80%

Fonte: PANEE, 2015

Já na figura 8, mostra a evolução que o governo espera da demanda total de eletricidade em GWh/ano sem e com medidas de eficiência energética até 2030.

Figura 8 : Evolução esperada da demanda total de eletricidade.

Fonte: PANER, 2017

2.7 MODELOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Existe três tipos básicos de sistemas fotovoltaicos, elas podem ser classificadas em categorias distintas: Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), conhecido internacionalmente como on-grid, Sistema Fotovoltaico Isolado (SFI) ou podemos chamar de sistema off-grid (não ligado à rede) e por fim o sistema híbrido, que utiliza de duas ou mais fontes de geração de energia. Neste trabalho utilizaremos o sistema SFI como referência (CARNEIRO, 2010).

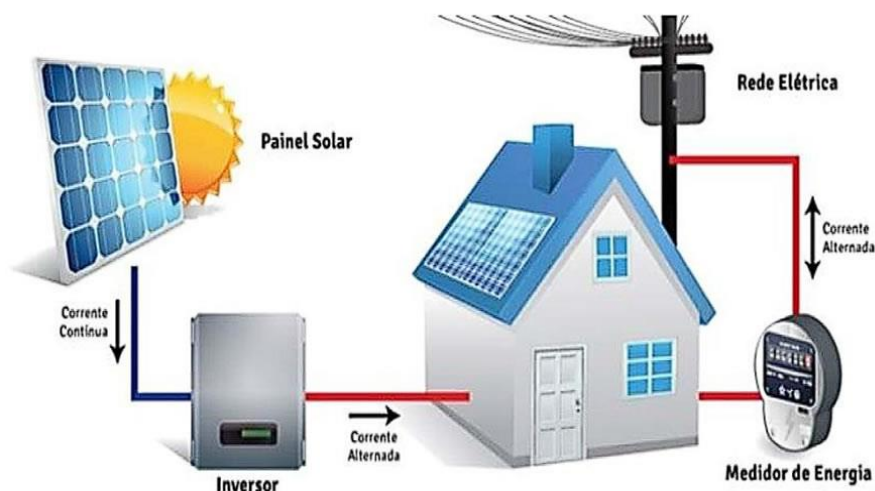
2.7.1 Conectado a rede

Um sistema fotovoltaico *on grid* ou sistema conectado à rede, como já diz o nome, é um sistema ligado à rede pública de distribuição. Ela tem a capacidade de transformar a energia do sol em energia elétrica e enjetar diretamente na rede elétrica de energia. Ou seja, o sistema exporta a energia excedente durante o período onde há radiação solar (dia) para a rede da concessionária, e quando não está gerando (noite) ela importa a energia da rede pública de distribuição. Esse método é conhecido como “sistema de compensação de energia”. As primeiras instalações desse tipo de sistema foram feitas na Alemanha, no começo dos anos 90, onde houve evolução nas tecnologia dos inversores e a utilização deles ligado diretamente às placas fotovoltaicas. Naquele tempo havia diversas condições de segurança para esse tipo de instalação (ROSA,2017).

O sistema fotovoltaico ligado à rede pública de energia, pode apresentar duas configurações diferentes, elas podem ser instaladas de forma integrada por exemplo a uma edificação, em telhados ou fachadas de prédio, próximo a o ponto de consumo, ou de forma centralizada como por exemplo, uma usina convencional neste caso, a certa distância do ponto consumidor (RUTHER, 2004).

Um sistema de energia solar fotovoltaico conectado à rede consiste nos seguintes equipamentos: painéis solares e inversores interativos, conforme mostra a figura 8.

Figura 9: Componentes de um sistema ligado à rede.



Fonte: Portal Solar, 2019

Existe outro equipamento importante além dos componentes principais (painel solar e inversor), que é o componente de integração do sistema, mais conhecido como BOS, uma estrutura de montagem para componentes de proteção elétrica e painéis solares.

A diferença do sistema *on grid* que trabalha em paralelo com a rede pública de distribuição de energia elétrica, ou seja, opera da mesma forma que uma usina elétrica convencional comparada a uma usina hidrelétrica, é a sua pequena potência, e também no local de sua instalação, que, a maioria das vezes, é feita no telhado ou nas coberturas dos imóveis, quando é localizado em zona urbana (CABELLO; POMPERMAYER, 2013).

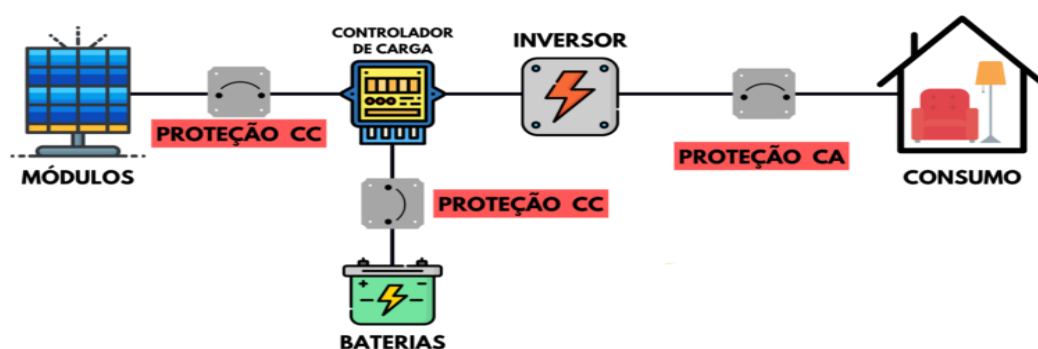
O valor da energia injetada é utilizado como crédito energético, e serve para abater do valor da energia consumida. No entanto, o valor da conta de luz não chega a zero, porque a distribuidora de energia, cobra uma taxa mínima, conhecida como Custo de Disponibilidade, além dos impostos federais.

2.7.2 Sistema Isolado

O sistema fotovoltaico isolado ou fora da rede, é um sistema que não tem ligação com a rede elétrica, que tem sua característica o armazenamento da carga excedente em baterias, sem voltar à rede elétrica, dessa forma, o abastecimento é garantido em períodos sem incidência intensa de luz solar (OVELHA, 2017).

Os SFI são indicados para regiões remotas e de difícil acesso, como áreas rurais onde a rede concessionária chega de forma precária.. A energia solar, por ser armazenada em baterias, pode ser utilizada em dias chuvosos, nublados e durante a noite. Os componentes principais são similares ao modelo *on-grid*, porém com acréscimo das baterias para o armazenamento da energia gerada e do controlador de carga que servem para controlar a voltagem de entrada no equipamento, evitando sobrecargas ou descargas excessivas, como mostra a figura 10.

Figura 10: Sistema Fotovoltaico Isolado



Fonte: Energês

Para prolongar a vida útil e aumentar o rendimento do sistema, é indicado que o sistema possua um acumulador que diferencie o horário de geração para o horário de consumo do sistema (PINHO; GALDINO, 2014).

Outro tipo de sistema *off grid* é o de bombeamento solar, que não necessita de bateria. Nesse sistema o reservatório de água faz o papel da bateria, armazenando água para quando não houver sol.

2.7.3 Híbridos

O sistema fotovoltaico híbrido solar opera a partir da conexão com a rede, mas, também, está conectado diretamente às baterias. Sendo assim, ambos os inversores são alimentados pelo banco de armazenamento, atuando isoladamente enquanto um dos tipos de geração de energia estiver desconectado. Ou seja, o sistema híbrido nada mais é a junção desses dois modelos, o que permite que o proprietário tenha um sistema de geração de energia fotovoltaica conectado à rede e ao mesmo tempo um sistema isolado. Os componentes básicos desse sistema são similares ao sistema on-grid e ao *off-grid* (OLIVEIRA 2017).

Existem diversas vantagens para um sistema fotovoltaico híbrido, uma delas é a geração de créditos energéticos, dessa forma, você utilizá-los para abater na sua conta de luz, outra vantagem significativa a segurança contra apagões, já que existe um banco de baterias que evita de haver qualquer blackout inesperado.

Figura 11: Sistema Híbrido e seus componentes.



Fonte: Oca Solar Energia

A desvantagem desse sistema é o alto valor das baterias e o custo dos inversores híbridos, que são mais caros do que os inversores de sistema fotovoltaico convencional, pois acumula mais funcionalidades, fazendo com que não seja viável financeiramente para instalação residencial.

Já existem regiões da Guiné-Bissau que já utilizam esse sistema, principalmente nas regiões de Gabú e Bafatá, porém o alto custo de obter esse sistema fotovoltaico e as linhas de transmissão em condições de deterioração, faz com que não seja tão viável a instalação desse sistema.

2.8 COMPONENTES BÁSICO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO.

2.8.1 Célula e Painel fotovoltaico

As células fotovoltaicas são dispositivos elétricos responsáveis pela conversão direta da energia solar em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Para isso, as células solares são feitas de diferentes tipos de materiais semicondutores. Existem vários tipos de células solares, categorizadas de acordo com os materiais utilizados e sua complexidade. O principal tipo de célula fotovoltaica é feito de silício cristalino, que pode ser monocristalino ou policristalino (NASCIMENTO, 2010).

Figura 12: Demonstração da Célula e painel fotovoltaico.



Fonte: Portal Solar, 2019

O efeito fotovoltaico é a conversão de radiação eletromagnética em energia elétrica, que ocorre através da geração e separação das cargas pela interação da radiação com o meio material, isto ocorre com a absorção de radiação pelo material. Por outro lado, esse efeito pode ocorrer somente quando existir uma barreira de potencial em um semicondutor iluminado, e esta barreira é encontrada, por exemplo, na interface de duas áreas com diferentes tipos de condutividade. Se está material é iluminado as cargas elétricas criadas pela luz através do efeito de foto geração serão separadas pela barreira; portanto o feito fotovoltaico é um processo de geração de energia elétrica.

2.8.2 Controlador de carga

O controlador de carga é uma parte importante de um sistema autônomo de energia solar, ele é responsável por garantir que a célula fotovoltaica não danifique a bateria do sistema, protegendo assim dos efeitos de sobrecargas. Esse equipamento também tem a capacidade de gerar automaticamente uma corrente de alimentação que exceda a descarga do sistema, mantendo assim a operação da bateria.

Figura 13: Modelo exemplo de controlador de carga



Fonte: Epever, 2019

Além disso, o dispositivo foi projetado para compensar os diferentes fluxos de energia que ocorrem quando a bateria é carregada e usada ao mesmo tempo, um processo conhecido como hibernação. O regulador de tensão também tem a função de determinar quando a bateria está fraca, além de proteger contra sobrecargas e curtos-circuitos, também é capaz de medir a temperatura e a pressão do sistema, evitando assim danos por superaquecimento e acidentes (MATTOS, 2019).

Existem diversos modelos, dos mais simples até os mais sofisticados que permitem que o controlador de carga desconecte o painel quando as baterias se encontram completamente carregadas para prevenir uma sobrecarga, ou mesmo uma descarga profunda (REITER; REITER; PÉRES, 2015). O controlador de carga paralelo desvia a corrente do módulo para a carga dissipativa, para manter a bateria em seu nível máximo de carga, já o controlador de carga em série, corta a corrente para a bateria de acordo com sua tensão.

2.8.3 INVERSOR

O inversor solar é o equipamento usado para converter a energia gerada pelos painéis solares de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), possibilitando o uso da energia elétrica gerada pela energia solar fotovoltaica. Existem vários tipos de inversores, cada sistema utiliza um em específico.

Figura 14: Exemplo de um Inversor para sistema fotovoltaico



Fonte: Growatt

Em um sistema conectado à rede, o inversor solar é projetado para interagir com o sinal de onda senoidal AC presente na rede, onde é projetado para funcionar exclusivamente com a rede como um controlador para os painéis fotovoltaicos conectados à rede. Dessa forma, o dispositivo não pode ser usado como inversor autônomo, ou seja, não pode ser usado em sistemas sem conexão à rede (isolamento), pois o dispositivo deve ser desligado quando não houver energia (RAMPINELLI, 2010).

Já em sistemas isolados, os inversores off-grid podem fornecer energia diretamente à carga, seja diretamente do banco de baterias ou diretamente dos painéis solares. Dessa forma, é gerado um sinal elétrico de corrente alternada (CA), que fornece corrente elétrica aos aparelhos de consumo.

Esses inversores não podem ser usados em sistemas de rede (cabo de rede) devido

à falta de interação com os sinais de rede CA. O dispositivo não foi projetado para funcionar em paralelo com redes públicas, portanto, não produzirá bons resultados.(PEREIRA; GONÇALVES, 2008).

2.8.4 Baterias

A bateria armazena energia em forma química em seus materiais ativos e pode converter em energia elétrica em utilização livre, isto significa, por meio de uma eletroquímica oxidação-redução, efeito Oxirredução. Esses bancos são, portanto, fundamentais para garantir a estabilidade dos sistemas elétricos, pois podem entrar em operação quase imediatamente (BHATIA, 2016).

No mercado, existem diversos tipos de baterias estacionárias comuns para sistema solar *off-grid*, cada uma com sua vantagem e suas desvantagens, abaixo, alguns modelos muito utilizados no sistema de armazenamento de energia solar.

2.9 TIPOS DE BATERIAS

2.9.1 Bateria de íon de lítio

A bateria solar íons de lítio é tem esse nome devido à sua composição, que utiliza sais de lítio dissolvidos em solventes não aquosos em seu eletrólito, em vez de lítio metálico. Por isso, tem uma longa vida útil e conta com produtos com garantia de até 10 anos. Suas principais vantagens são a alta densidade de energia, o longo ciclo de vida e a elevada eficiência (Da Silva, 2020).

Figura 15: Modelo de Bateria de íon de lítio



Fonte:Energy Source

Diferente das baterias convencionais, geralmente compostas por metais pesados altamente tóxicos como mercúrio, cádmio ou chumbo, a bateria de íons de lítio é feita com elementos muito menos agressivos ao meio ambiente e não emite gases tóxicos. Recentemente, as baterias de íons de lítio reduziram drasticamente o custo e aumentaram a potência e a vida útil. Por isso, estão cada vez mais sendo instalados em sistemas de baterias estacionárias (NYKVIST; NILSSON, 2015).

2.9.2 Baterias de Fosfato de Ferro de Lítio

A bateria fosfato de ferro de lítio, que foi descoberta em 1996, por John B. Goodenough na Universidade do Texas.

Estas baterias não são inflamáveis (não incendeiam), esta composição torna as baterias mais seguras, além de serem resistentes a temperaturas extremas, frias ou quentes, e sua vida útil é maior que 2000 ciclos, o que as torna mais eficientes e eficazes que as convencionais.

Figura 16 : Exemplo de Bateria de fosfato de ferro de lítio



Fonte:Power Sonic

As baterias de fosfato de ferro e lítio têm uma descarga automática maior do que outras baterias de íon-lítio, o que pode levar a problemas de equilíbrio e envelhecimento (SISTEMA e TECNOLOGIA APLICADA, 2017).

2.9.3 Bateria de níquel sólido

Esse tipo de bateria é composta por uma matéria-prima abundante, que incluiu o níquel, ferro, cloreto de sódio entre outros componentes, as baterias solares de níquel sólido são quimicamente mais seguras do que os outros tipos de bateria fotovoltaica. Também é importante destacar que o custo da bateria de níquel sólido é relativamente baixo (BRASIL, 2018).

Figura 17: Baterias de níquel sólido instalados em um sistema fotovoltaico



Fonte: IFSC - Instituto Federal de Santa Catarina

2.9.4 Bateria de chumbo-ácido

A substância ativa das baterias de chumbo-ácido é o chumbo e seu componente é uma solução aquosa de ácido sulfúrico. Ela é também conhecida como bateria VRLA, pois são montadas com válvulas reguladoras de pressão e são elas as principais responsáveis pela segurança das baterias contra explosões (BRASIL, 2018).

A bateria solar de chumbo-ácido é umas das mais utilizadas na Guiné Bissau, porém ela oferece uma vida útil relativamente curta com profundidade de descarga menor quando comparada a outros tipos de bateria. Por outro lado, essa bateria é uma das opções com valor mais atrativo.

As baterias VRLA possuem um eletrólito no seu interior confinado por meio de uma tecnologia em gel, onde ela possui um funcionamento cíclico de alto rendimento e é indicada para sistemas fotovoltaicos de médio e grande porte, já em AGM (manta de microfibra de vidro) tem uma resistência maior aos ciclos de carga e descarga, aos choques mecânicos e às temperaturas extremas (FREITAS, 2016).

Figura 18: Exemplo de Bateria de Chumbo-ácido.



Fonte: Neosolar

Por conta desses fatores e da característica física da bateria, é possível recombinar internamente os gases gerados durante a utilização do equipamento, evitando a perda de elementos ativos e reduzindo a necessidade de fazer manutenção interna (COPETTI; MACAGNAN, 2007).

3. ASPECTOS AMBIENTAIS

Os materiais que compõem o sistema fotovoltaico, podem causar problemas significativos para a saúde e para o meio ambiente se forem descartados de forma incorreta. Os materiais que mais impactam o meio ambiente são o chumbo das baterias (no caso dos sistemas *off grid*) e dos materiais pesados dos módulos fotovoltaicos como o silício, arsênio e cobre, que são também potencialmente perigosos para as águas subterrâneas.

Existem pesquisas em andamento para encontrar alternativas mais seguras para este material depois do seu uso. Uma alternativa viável, seria que todo o setor responsável pelo sistema fotovoltaico, invista na criação de uma indústria especializada em dar um

destino sustentável para painéis solares fora de uso. No caso da Guiné-Bissau, a Fundação de Serviços de Energia Rural - FRES se responsabiliza em fazer os descartes dos materiais de forma que não prejudique o meio ambiente, a ver se isso ocorrerá de forma eficaz no país (FRES, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O local para o estudo proposto é uma aldeia chamada Tassilima situada na região de Gabu/Guiné-Bissau onde se pretende criar uma mini-usina de geração solar para o abastecimento residencial de baixa tensão de pouco menos de 50 aldeões. Trata-se de um lugar remoto com poucos habitantes, sem acesso ao serviço público de energia compartilhada e caracteristicamente boa em relação a incidência de radiação solar, por essa razão a necessidade da implantação de uma mini geradora de energia solar para o abastecimento desses consumidores.

Figura 19: Localização geográfica de Tassilima



Fonte: Adaptado PIES

3.2 MÉTODOS

Para começo do estudo foi realizado uma pesquisa sobre a quantidade populacional da aldeia de Tassilima, feito um levantamento exemplificado da demanda do possível consumo dessa aldeia e com base nesse dados, foi possível realizar um dimensionamento do sistema pelo método teórico, ou seja, a partir de equações encontradas na bibliografia para dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Para análise, foi utilizado um software PVWatts onde foi simulado a implantação do sistema fotovoltaico, utilizando os dados obtidos para dimensionamento e análise de dados desse tipo de sistema.

O PVWatts permite simular sistemas com ligação à rede, autônomos e outras situações especiais.

PVWatts usa dados climáticos típicos do ano meteorológico de um local selecionado, para calcular a incidência de radiação solar do painel fotovoltaico e a temperatura da célula fotovoltaica para cada hora do ano.

Para calcular a energia em CC por hora, ele faz uma classificação da CC do sistema e da radiação incidente, depois faz uma correção da temperatura da célula fotovoltaica.

Já para o cálculo de energia em CA por hora, multiplica-se a energia CC pelo fator geral de redução de CC para CA e ajustando a eficiência do inversor em função da carga.

Obtendo dados da energia em CA por hora, calcula-se a produção mensal e anual em CA.

Por fim foi estimada a emissão de CO² evitada pelos sistemas fotovoltaicos realizando o comparativo entre método tradicional utilizado na aldeia (queima da lenha) e o sistema de geração dimensionado pelo software PVWatts.

3.3 DIMENSIONAMENTO

Para dimensionar um sistema de geração de energia solar *off grid*, é necessário executar ao mínimo, seguintes passos:

- Determinação do perfil de carga de consumo;
- Determinação do tamanho do sistema;
- Determinação do ângulo de inclinação;
- Determinação da capacidade do inversor;
- Determinação da capacidade de armazenamento.

3.3.1 Determinação do perfil de carga de consumo

As dificuldades financeiras e o fraco poder de compra, delimita o uso de equipamentos elétricos o que quase impossibilita o dimensionamento da quantidade da demanda de energia na região. Porém, conhecendo as necessidades dos referidos e possíveis consumidores, é possível fazer um estudo baseado na utilização dos equipamentos básicos utilizando assim um perfil da carga exemplificado (assumimos um valor de 1000 kWh/mês, que seria um total de demanda para as cinco famílias representado na tabela 4).

Tabela 4: Representação da demanda da carga

Eletrodomésticos	P Watts	Dias	Hora / Min	CMM
Ventilador de teto	120	30	8	28,8
TV a Cores	110	30	5	16,5
Geladeira	130	30	10	55
Lâmpada	100	30	40min	30
Chuveiro Elétrico	3500	30	6	70
				Total: 200,3 kWh/mês
CMM = Consumo médio mensal				
P W = Potência em Watts				

Fonte: Próprio autor

Por se tratar de 5 famílias, a quantidade do consumo mensal será multiplicada por total dessas famílias. Obtendo assim a quantidade total da demanda em kWh/mês.

$$T\text{ Demanda} = T\text{ CMM} \times N^{\circ}\text{ famílias}$$

$$T\text{ Demanda} = 200,3\text{ kWh/mês} \times 5 = 1.001,5\text{ kWh/mês}$$

3.3.2 Determinação do tamanho do sistema (área e número de módulos)

O valor padrão do tamanho do sistema fotovoltaico é 4 kW. Para sistemas com módulos fotovoltaicos com eficiência de 16%, isso corresponde a uma área de campo de aproximadamente 25 m² como mostra o cálculo.

$$4\text{ kW} \div 1\text{ kW/m}^2 \div 16\% = 25\text{ m}^2$$

- ❖ Aplicando os dados da placa selecionada (Silício cristalino, com eficiência de 21%), a área do campo fica: **19.05 m²**.

$$4\text{ kW} \div 1\text{ kW/m}^2 \div 21\% = 19.05\text{ m}^2$$

Ressaltando que essa área de campo é a área total dos módulos, não a área total ocupada pelo sistema, que pode incluir o espaço entre os módulos e o espaço para inversores e outras partes do sistema.

- ❖ O número de módulos para esse projeto é de 22, calculado a partir do software PVWatts, onde foi considerada a irradiância do local, o perfil de consumo e a temperatura.

Para verificar essas quantidade das placas, foi utilizado seguintes equações:

$$T_{placas} = P_{placa(W)} \times Irradiação\ Média \times (1 - Perda\ do\ sistema)$$

$$= 320w \times 6 \times (1 - 0.20) = 1,54\ kWh/dia$$

Multiplicando a quantidade diária gerada (1,54kWh) pelos 30 dias, chegamos à conclusão de que 1 placa de 320W na região de Tassilima, geraria em média 46,44 kWh/mês.

Logo:

$$T_{placas} = Demanda\ do\ Consumo / P\ mensal$$

$$T_{placas} = 1000kW/mês / 46,44kWh/mês = 21.5 \rightarrow \mathbf{22\ placas}$$

3.3.3 Determinação do ângulo da inclinação

Para determinar o ângulo de inclinação, há que se levar em consideração a horizontalidade em que os módulos se encontram, geralmente no campo fixo, o ângulo em relação à horizontal é de 0° e em relação a vertical é de 90°. No caso da região em estudo Tassilima, a latitude é de 15.85 que é aproximadamente 16, utilizamos a seguinte equação:

$$\alpha = latitude\ do\ local - 5^\circ$$

$$\alpha = 16 - 5^\circ = 11^\circ$$

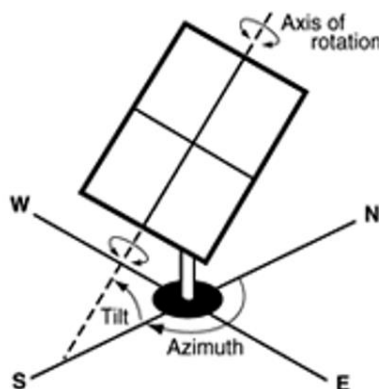
Onde:

α = ângulo de inclinação.

Sabendo da regra prática usada para campos fixos que seria a definição do ângulo de inclinação com base na latitude da localização do sistema que maximiza a produção elétrica total ao longo do ano. Usa-se um ângulo de inclinação menor (fig 19), para

promover o pico de produção nos meses de verão, quando o sol está alto no céu, ou um ângulo de inclinação maior para aumentar a produção nos meses de pouca radiação solar.

Figura 20 : Inclinação angular do módulo.



Fonte: PV Watts

3.3.4 Determinação da capacidade do inversor

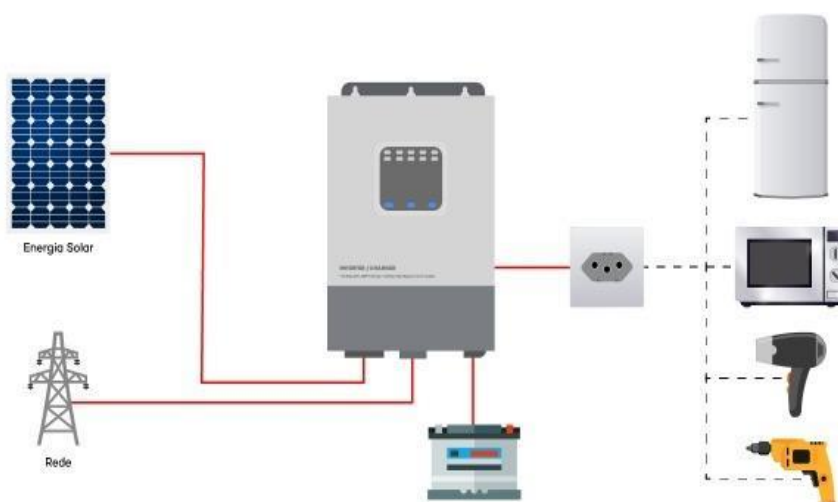
Após instalação das placas, será necessário a utilização do inversor para conversão da corrente contínua para alternada, uma vez que os eletrodomésticos funcionam com a corrente alternada. Para cálculo da capacidade do inversor, usamos seguinte cálculo:

$$T_{inversor} = N_{placas} \times C_{N_{placas}}$$

$$T_{inversor} = 11 \times 320 \text{ W} = \mathbf{3.520 \text{ Watts}}$$

Considerando o bom funcionamento do sistema e futuras necessidades de demanda, serão instalados 2 inversores híbridos Epever UPower-Hi de 5000 Watts, sendo cada um deles conectados a uma fileira de 11 placas.

Figura 21: Inversor Epever UPower-Hi UP 5000 / Esquema Híbridos



Fonte: NeoSolar Energi Ltda.

Nesse projeto foi escolhido um inversor híbrido que combina 3 funções em 1 (Inversor *off grid* + Controlador de Carga MPPT + Carregador CA), e com isso reduz os custos da instalação do sistema e melhora o dimensionamento do espaço. Futuramente se houver necessidade de um upgrade na instalação pode-se usar a entrada AC do inversor para outras conexões (On Grid, Gerador a Diesel, etc).

Tabela 5 - Características elétricas do inversor híbrido MPPT.

Modelo:	Upower-HI 5000
Tipo de Algoritmo de Carga:	MPPT
Tipo de Onda:	Senoidal Pura
Potência nominal	5000 VA/5000 W
Dados de Entrada de Bateria	
Tipo de Bateria:	Chumbo ácido / Lítio
Tensão da Bateria:	48 Vdc
Máx. Corrente de Carga e Descarga:	80 A
Dados do Inversor	
Potência de Saída (contínua)	5.000 W

Potência Máxima de Surto	8.000 W
Tensão de Saída	220 / 230 V
Frequência	50 / 60 Hz
Distorção Harmônica	<3%
Máx. Eficiência	93 %
Dados do Carregador Solar:	
Máx. Potência de Painei Fotovoltaico	4.000 W
Máx. de Painei em Circuito Aberto	400 V
Faixa de Tensão do MPPT	120 / 400 V
Máx. Corrente de Carga	80 A
Dados Gerais	
Temperatura de Operação	-25~60 °C
Grau de Proteção	IP30
Peso	17 Kg

3.3.5 Determinação da capacidade do armazenamento

Para determinar o modelo de baterias que será utilizado neste projeto fotovoltaico, foi necessário fazer cálculos para determinar a quantidade ideal para o sistema dimensionado, além da capacidade de armazenamento energético e como será feita a ligação entre elas. O valor de referência será de 33.334 Wh/dia em média, já que o consumo em média mensal é de 1000 Kwh/mês. As equações utilizadas para o dimensionamento e a escolha dessas baterias em específico.

$$E_A = \frac{E_c}{P_d} = \frac{33334}{60\%} = 55.556,67 Wh$$

Onde:

E_A - Energia armazenada no Banco (Wh)

E_c -Energia consumida diariamente (Wh)

P_d - Profundidade de descarga permitida (Admitindo um valor padrão para o tipo de bateria de ácido-chumbo de 60%).

Após a realização dos cálculos, foi identificado a quantidade de energia que deverá ser armazenada no banco de baterias, foram realizados os últimos cálculos de dimensionamento para determinar o tamanho do banco de baterias para esse projeto.

Para fazer este cálculo, utilizamos as seguintes equações:

$$C_{banco} = \frac{E_A}{V_{banco}} = \frac{55.556,67}{24} = 2314,86 Ah$$

Onde:

C_{banco} - Capacidade de carga do banco de baterias (Ah)

E_A - Energia armazenada no Banco (Wh)

V_{banco} Tensão operante do banco (V)

Com resultado desse cálculo, podemos obter o número total de baterias necessárias ligadas em paralelo, utilizando a seguinte equação:

$$N_{BP} = C_{banco}/C_{bat} = \frac{2314,86 Ah}{200 Ah} = 11,574 \Rightarrow 12$$

Onde:

N_{BP} - Número de baterias ligadas em paralelo

C_{banco} - Capacidade de carga do banco de baterias (Ah)

C_{bat} - Capacidade de carga de cada bateria

Analisando os cálculos realizados , foi visto que será necessário de no mínimo 12

baterias JYC GP200 24V 200Ah. chumbo ácido ligadas em série, o que já é mais que o suficiente para armazenar a quantidade de energia necessária. Foi escolhido esse modelo de bateria (chumbo ácido), pois é uma das mais comuns no país, além de facilitar possíveis manutenções no sistema. Outro tipo de bateria que poderia ser usado nesse sistema seria a LiFePo_4 mas o custo é elevado em comparação a bateria chumbo ácido. Os dados técnicos da bateria utilizada estão na tabela 5.

Tabela 6: Dados técnicos da bateria JYC GP200.

Fabricante	JYC BATTERY
Tensão	24V
Peso	58Kg
Tamanho	52 x 23 x 22 cm

Fonte: JYC Battery

Figura 22: Bateria JYC 24V escolhida para o projeto.

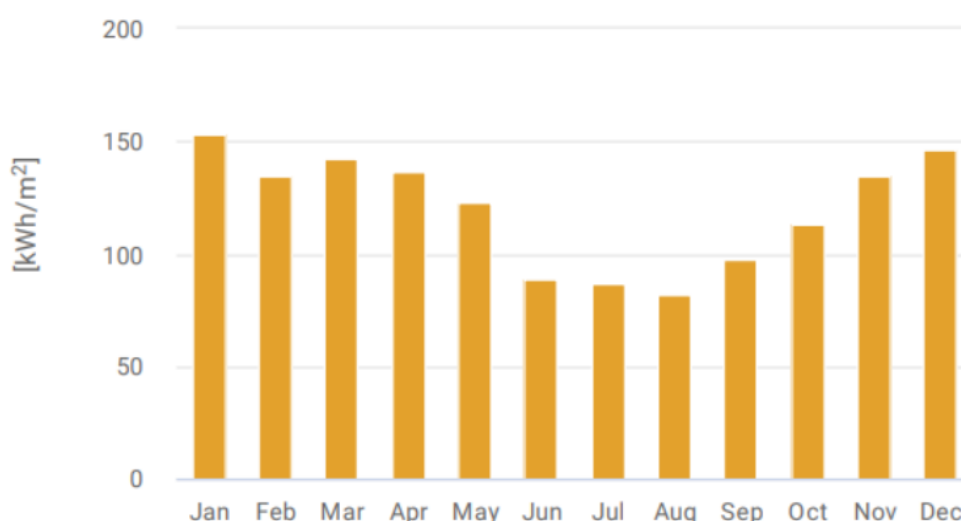


Fonte: JYC Battery

4 RESULTADOS

Os dados da irradiação foram obtidos de janeiro até dezembro, onde mostra a média de cada um dos meses, conforme mostra a figura 23. Por se tratar de uma região onde as estações do ano são só duas (seca e chuva), onde a chuva se verifica nos meses entre maio à outubro e a seca entre novembro à abril nota-se que por se tratar do período da chuva, os meses de julho e agosto apresentam uma diminuição de radiação em relação aos meses da estação da seca. Posto isso, conclui-se que haverá menos geração de energia pelos painéis nos meses (Julho e agosto) em que há menor irradiação.

Figura 23: Irradiação média por mês



Fonte: Global Solar Atlas

4.1 VIABILIDADE DO PROJETO

Quando se fala em investir em sistemas fotovoltaicos, logo se pensa em quanto tempo o cliente terá seu payback, porém, nesse caso, o que podemos considerar um retorno será a qualidade de vida dessas pessoas que moram em uma área isolada, vivendo em situações precárias. A instalação desse projeto busca melhorar a vida da população de Tassilima em diversas áreas como acesso à educação e lazer.

Outro ponto a ser considerado é que esse projeto será um projeto piloto, onde o governo de Guiné-Bissau poderá analisar e criar outros similares em diversas áreas rurais existentes no país, dessa forma irá auxiliar o desenvolvimento elétrico e ajudar a atingir a meta de 2030 estabelecida pelo plano de governo e pelos tratados internacionais sobre o clima e meio ambiente.

Tabela 7: Tabela de investimento no setor energético Guiné-Bissau

NOME DO PROJETO	NOME DO PREPONENTE	TIPO DO PROJETO	PERIODO DA IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO	CUSTOS DO PROJETO (EUROS)
Eletrificação Rural Team - 9	Governo da Guiné Bissau	Investimento	2016-2018	€24 Milhões

Fonte: PIES – GB

De acordo como o Plano de Investimento para Energia Sustentável na Guiné-Bissau existe um projeto de eletrificação rural como figura 24, orçado em € 24,00 milhões. Já neste projeto, com aplicação do software PVSyst, foi calculado o investimento do sistema de geração solar *off grid* como é mostrado na figura 25, num valor de €

38.456,00. Posto isso, a viabilidade pode ser calculada pela diferença do valor de investimento entre esses dois projetos, considerando o de menor valor.

Agora, comparando a viabilidade do sistema fotovoltaico *off grid* com geradores a diesel, podemos pegar o gerador abaixo como exemplo.

O sistema utilizado como exemplo, consome em média 1000kwh/mês, para um gerador fazer uma geração similar, será necessário realizar a seguinte equação:

$$220v * 41 A = 9020 VA$$

Considerando fator de potência 0,85 desse gerador, temos:

$$W = 9020VA * 0,85FP = 7.667W$$

Como o consumo diário é aproximadamente 34.000W, seria necessário, 5 Geradores desse modelo.

O custo desse gerador é cerca de R\$ 17 mil reais em média, em conversão direta para euros, daria em torno de € 3 mil euros considerando impostos nacionais do Brasil.

Dessa forma podemos calcular:

$$\text{Valor do gerador} \times \text{quantidade de geradores}$$

$$3 \times 5 = € 15 \text{ mil euros}$$

Apenas os geradores, se considerar que a Guiné- Bissau não tem riquezas petrolíferas e que importa Diesel e outros tipos de combustíveis de outros países, ficaria sim viável a instalação de um sistema fotovoltaico ao invés de gerações a diesel.

4.2 ORÇAMENTO DO PROJETO

Em relação aos valores do sistema fotovoltaico desse projeto, será servido como base para uma futura aplicação na região, visto que o país não cobra impostos para módulos solares, porém para baterias e inversores são cobradas variedades de impostos a depender do país de origem desses equipamentos, o que pode triplicar o custo. Comprar diretamente do país é extremamente inviável pois a Guiné-Bissau não fabrica nenhum equipamento que será utilizado nesse projeto, e o que é vendido nos mercados do país e da sub-regiões, são de qualidade duvidosa, o que colocaria em risco o investimento.

Utilizando o software PVSyst, foi possível fazer um orçamento próximo utilizando equipamentos similares à que serão utilizados no projeto, os valores estão fixados na figura 24:

Figura 24: Exemplo de orçamento do projeto

Avaliação económica bruta (excluindo taxas e subsídios)	
Custo dos módulos	8292 EUR
Custo das baterias	5884 EUR
Regulador do custo	2856 EUR
Transporte/Ajuste	21423 EUR
Investimento total	38456 EUR

Fonte: Pvsyst

Como citado anteriormente, os valores são meramente demonstrativos, o que pode sofrer alterações em diferentes situações da aquisição como por exemplo, aumentar ou diminuir o valor do transporte.

4.3 PAYBACK

O retorno do valor investido dos moradores ou da empresa que será responsável pela implementação desse projeto, será baseado nas tarifas do setor elétrico cobradas pelo governo da Guiné Bissau mais a taxa cobrada por Kw/h, assim, será possível descobrir se vale a pena ou não o investimento.

Segundo a EAGB (Eletricidade e águas da Guiné-Bissau) o valor por kw/h cobrado no país, mais as tarifas e subsídios é aproximadamente 524 franco CFA, o que dá aproximadamente 0,80 euros.

Agora se dividir os 1000 kwh/mês consumidos pelas 5 famílias moradoras da aldeia de Tassilima, e que cada família teria uma instalação e um consumo em média de 200 kw/mês, teremos que fazer o seguinte cálculo:

$$C * T = VCe$$

$$200 * 0,80 = € 160$$

Onde:

C é a quantidade de Kw gastos por mês;

T é o valor da tarifa por Kw cobrada na Guiné – Bissau;

VCe é o valor consumido em euros.

Utilizaremos o resultado desse cálculo para obter a quantidade total paga pelas 5 famílias, utilizando seguinte equação:

$$VCe * F = VTe$$

$$160 * 5 = € 800$$

Onde:

VCe é o valor consumido em euros;

F é o numero de familias;

VT_e é o valor total em euros.

Por fim, foi encontrado o payback da instalação, realizando seguinte equação:

$$M = P/VT_e$$

$$\frac{38456}{800} = 48 \text{ meses}$$

Onde:

P é o valor do projeto fotovoltaico;

VT_e é o valor total em euros;

M é o total de meses para se ter o payback.

Dessa forma, a aldeia Tasssilima, teria seu payback em 48 meses caso escolhesse pela instalação desse projeto. Vale ressaltar que o preço é baseado se houvesse uma linha de transmissão para essa aldeia, o que não é o caso. Além disso, o custo para instalação desse tipo de rede não foi inclusa no cálculo.

4.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

Com a instalação desse sistema, a emissão de gases poluentes como CO_2 reduzirá significativamente, uma vez que para gerar energia, o país utiliza muitos recursos de origem petrolífera como diesel e gasolina, madeira para queima, que por si só já é um grande problema quando se trata do corte do mesmo, pois acarreta desmatamento e diminui a absorção do próprio CO_2 .

Para efeito informativo, o site myclimate calcula em média a emissão de CO_2 na atmosfera utilizando diesel para geração de energia, e segundo o site, o valor chegou próximo de 18 mil toneladas por ano que podem ser evitados com a aplicação desse projeto, números expressivos que demonstram que a aplicação desse sistema seria benéfico para o meio ambiente.

Tabela 8: Emissão de CO_2 evitadas com a instalação desse projeto.

MÊS	ANO
1500	18000
tco ²	tco ²

Fonte: myclimate

Além de evitar a emissão de CO_2 , os impactos em relação aos materiais utilizados nesse projeto são menos poluentes que as de outras gerações, se descartado de forma correta, não haverá danos ao meio ambiente.

5 CONCLUSÃO

A escolha da aldeia para implementação desse projeto *off grid* se deve pela necessidade da utilização de energia elétrica num lugar que se encontra distante da rede pública de energia. Essa distância se justifica pelos seguintes fatores: A má condição das estradas, a falta do investimento do governo no setor elétrico e por vezes a fraca/falta de mão de obra disponível para atuação na área de energia. Por outro lado, foi feita análise rigorosa das condições meteorológicas do local, das irradiâncias e das temperaturas, onde os resultados possibilitaram a conclusão de que a região seria um local propício para instalação de um sistema gerador de energia solar.

Os dados apresentados nas simulações foram retirados das duas estações do ano (seca e chuva), onde a seca representa a estação do ano na qual as temperaturas variam entre os 28° a 39° e a estação da chuva de 18° a 20°. Para representar cada estação foi escolhido o mês de fevereiro (seca) e o mês de julho (chuva), onde se analisou o desempenho da instalação em duas semanas de cada um dos dois meses.

Para o dimensionamento da instalação no local em estudo, a partir de uma carga estabelecida, com a utilização do software PVWatts, calculou-se 22 módulos fotovoltaicos a instalar, para alimentar 8 famílias divididas em um conjunto de 5 habitações, onde essa instalação foi feita em 2 conjuntos de 11 módulos conectados em série e instalados a um ângulo de inclinação de 11°. Ainda o sistema conta com instalação de dois inversores híbridos MPPT (3 em 1), descartando assim a utilização de reguladores de carga. Por se tratar de um sistema *off grid* ou seja não recebe energia externa fora do período da geração (noite, chuva e dias nublados), foi instalado um banco de baterias com 12 baterias de 200Ah cada, para suprir a demanda nos períodos em que as placas não estiverem gerando energia.

Por fim, conclui-se que a implantação deste projeto é sustentável pois vai contribuir para o acesso a energia elétrica nessas regiões distantes dos grandes centros e contribuir para índice de geração limpa/renovável na matriz energética do país.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRICA **Energy Outlook 2019**. IEA.ORG, Novembro 2019. Disponível em: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4337ef1b-d3d8-477f-8e1b-d5c0d0ac868d/AEO2019_Angola_POR_Web_Final.pdf. Acesso em: 3 nov. 2022.

ALER (2018). **Energias Renováveis e Eficiência Energética na Guiné-Bissau - Relatório Nacional de Estado**. Desenvolvido pela TESE - Associação para o Desenvolvimento, e publicado pela ALER - Associação Lusófona de Energias Renováveis. Lisboa, Portugal.

ALER (2020). **Ficha de Mercado – Guiné-Bissau**. Associação Lusófona de Energias Renováveis. Lisboa, Portugal.

BRASIL, CRISTIANE FIGUEIRA. **ANÁLISE TÉCNICO-ECONÔMICA E DE EFICIÊNCIA DOS PRINCIPAIS TIPOS DE BATERIAS UTILIZADAS EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS ISOLADOS**. 2018. Monografia (Graduação Engenharia Elétrica)- UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA, MANAUS, 2018.

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **ENERGIA FOTOVOLTAICA LIGADA À REDE ELÉTRICA: ATRATIVIDADE PARA O CONSUMIDOR FINAL E POSSÍVEIS IMPACTOS NO SISTEMA ELÉTRICO**. IPEA, Fevereiro 2013. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/963/1/TD_1812.pdf. Acesso em: 17 nov. 2022.

CARNEIRO, Joaquim. **MÓDULOS FOTOVOLTAICOS: CARACTERÍSTICAS E ASSOCIAÇÕES**. 2010. 18 f. Dissertação (Engenharia Civil) - Universidade do minho, Guimarães, 2010. Disponível em: http://repositorium.uminho.pt/bitstream/1822/16961/1/M%c3%b3dulos%20Fotovolt%20aicos_Caracteristicas%20e%20Associa%c3%a7%c3%b5es.pdf. Acesso em: 23 nov.

2022.

COPETTI, Jacqueline Biancon; MACAGNAN, Mario Henrique. **BATERIAS EM SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS**. 2007.

DA SILVA, Juliana Oliveira. **SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM SMART GRIDS**. 2020. 24 p. Dissertação (Mestrado em Energias renováveis) - Instituto superior de ensino do Porto, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/89dcf64fb0ba06a44d302ea6172a5ca7/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 27 nov. 2022.

ENERGÊS, Linguagem da Energia. **Do Início ao Fim Sistema Solar Fotovoltaico Off-Grid**. Disponível em: <https://energes.com.br/do-inicio-ao-fim-sistema-solar-fotovoltaico-off-grid/>. Acesso em: 10 nov. 2022.

FRES Guiné-Bissau (2018). Apresentação: FRES - **Projeto de Sistemas Solares Caseiros em Gabú**. Conferência Internacional sobre Energia Sustentável na Guiné-Bissau. Organizada pelo Governo da Guiné-Bissau, UNIDO, ECREEE e ALER com o apoio do GEF, entre 6 e 7 de dezembro, Bissau Guiné-Bissau.

FRES. **Sistemas Solares Caseiros no desenvolvimento rural da Guiné-Bissau**. ALER, 2021. Disponível em: https://sun-connect.org/wp-content/uploads/aler_caso_de_estudo_fres_691.pdf. Acesso em: 20 out. 2022.

FREITAS, David Ciarlini Chaga. Manual de Engenharia para sistema fotovoltaico. 2016. 86 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Campina Grande, [S. l.], 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/20190/1/DAVID%20CIARLINI%20CHAGAS%20FREITAS%20%20DISSERTA%C3%87%C3%83O%20PPGEE%202016.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

MATTOS, CASSIANO AMORIM PUSTILNIK *et al.* **PROJETO DE CONTROLADOR**

DE CARGA DE BATERIA DE LI-ÍON. 2019. Trabalho de conclusão de curso (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA) - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA –, [S. l.], 2019.

NASCIMENTO , Cássio Araújo. **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA.** 2010. Monografia (PÓS GRADUAÇÃO EM FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA) - UFLA, LAVRAS MINAS GERAIS, 2010.

Nykqvist, B., Nilsson, M. **Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles.** *Nature Clim Change* 5, 329–332 (2015). Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nclimate2564>. Acesso em: 22 out. 2022.

OCA SOLAR ENERGIA. Sistema **Fotovoltaico Híbrido: Entenda o Que é e Suas Aplicações.** 2021. Disponível em: <https://www.ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

OLIVEIRA, Hércules Araújo. **Rede Híbrida de Distribuição de Energia em CC e CA como uma solução alternativa para Microrredes isoladas.** UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, Fevereiro 2017. Disponível em: <https://tede2.ufma.br/jspui/bitstream/tede/1408/2/HerculesAraujo.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2022.

OVELHA, R.M.R.V. **Projeto, dimensionamento e instalação de solução fotovoltaica numa moradia offgrid.** 2017. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia de Energia e do Ambiente) – Universidade de Lisboa, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Portugal: Lisboa, 2017.

PANEE, A. **Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética: No âmbito da implementação da Política para a Eficiência Energética da CEDEAO (EEEP).** In: Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética (PANEE) Guiné-Bissau Período [2015-2020/2030]. ECREE, Outubro 2017. Disponível em: <http://www.ecowrex.org/document/plano-de-acao-nacional-para-eficiencia>

energetica-panee-da-guine-bissau-national-energy. Acesso em: 24 nov. 2022.

PANEE. **Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética: No âmbito da implementação da Política para a Eficiência Energética da CEDEAO (EEEP)**. In: Plano de Ação Nacional de Eficiência Energética (PANEE) Guiné-Bissau Período [2015-2020/2030]. ECREE, Setembro 2015. Disponível em: [https://open.unido.org/api/documents/16177102/download/20150930_Plano%20de%20A%C3%A7%C3%A3o%20Nacional%20de%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20\(PANEE\).pdf](https://open.unido.org/api/documents/16177102/download/20150930_Plano%20de%20A%C3%A7%C3%A3o%20Nacional%20de%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20(PANEE).pdf). Acesso em: 27 nov. 2022.

PANER - Plano de Ação Nacional no Sector das Energias Renováveis da Guiné-Bissau. **Se4All**, Outubro 2017. Disponível em: https://www.se4all-africa.org/fileadmin/uploads/se4all/Documents/Country_PANER/Guniea_Bissau_Plano_de_Ac%C3%A7%C3%A3o_Nacional_no_Sector_das_Energias_Renova%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 3 nov. 2022.

PEREIRA, Osvaldo L. S.; GONÇALVES, Felipe F. **DIMENSIONAMENTO DE INVERSORES PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA**. ESTUDO DE CASO, Revista Brasileira de Energia, v. 14, ed. 1, 1 semestre de 2008.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. Manual de Engenharia para sistema fotovoltaico. CRESESB, 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=481>. Acesso em: 15 nov. 2022.

PINHO, Olga Maria Fernandes. **A Reforma do Setor Elétrico em Contexto de Pobreza**. Orientador: Prof. Doutora Isabel Soares. 2012. Monografia (Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente) - FACULDADE DE ECONOMIA UNIVERSIDADE DE PORTO, [S. l.], 2012. p. 81. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/73969/2/25275.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2022.

PORTAL DE DADOS, Guiné-Bissau Census 2009 Disponível: <https://guinebissau.opendataforafrica.org/GWCENSUS2016/guinea-bissau-census-data-2009?region=1045310-tassilima> Acesso: 21/11/2022

RAMPINELLI, Giuliano Arns. **ESTUDO DE CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS E TÉRMICAS DE INVERSORES PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE. 2010.** TESE (PÓS GRADUAÇÃO EM ENERGIA MECÂNICA) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Revista Brasileira de Energia, 2010.

REITER, Renê Alfonso; REITER, Renan Diego de Oliveira; PÉRES, Adriano. **Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações. Departamento de Engenharia Elétrica e de Telecomunicações**, Julho 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/AdrianoPeres/publication/280134322_Controlador_de_carga_de_acordo_com_a_portaria_396_do_INMETRO/links/55ac22aa08aea3d08685e921/Controlador-de-carga-de-acordo-com-a-portaria-396-do-INMETRO.pdf. Acesso em: 10 nov. 2022.

República da Guiné-Bissau; Ministério da Economia, Finanças; Banco Mundial. **Reunião de consulta de peritos do sector de energia da Guiné-Bissau**, Julho 2018, Bissau. 2018.

ROSA, Rodrigo Santa. **Origem do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede.** CSR Energia Solar Ltda, 7 ago. 2017. Disponível em: <http://www.csrenergiasolar.com.br/blog/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede---sfcr-on-grid>. Acesso em: 2 nov. 2022.

RUTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos.** Florianópolis: Labsolar, 2004. 118 p. Disponível em: <https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2022.

SOUZA, R. **Sistema fotovoltaico conectado à rede (on grid): o guia 100% completo.**

Disponível em: . Acesso em: 05 nov. 2019.

TESE. 2018. **Comunicação com Georgios Xenakis, Samoel Mendes e Miguel Chã de Almeida**. 8 de Março de 2018. Bafatá.