



POTENCIAL PARA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS RESIDENCIAIS NA REGIÃO NORDESTE

José Rafael Benigno de Araújo¹, Rafael da Costa Ferreira²

¹Estudante de Graduação da Universidade Federal do Semiárido (UFERSA). Rua: Gamaliel Martins Bezerra, Nº 578. Bairro: Alto da Alegria, 59515-000, Angicos/RN. Rafaelbenigno161718@gmail.com

²Professor adjunto da Universidade Federal do Semiárido (UFERSA). Rua: Gamaliel Martins Bezerra, Nº 578. Bairro: Alto da Alegria, 59515-000 Angicos/RN. rafael@ufersa.edu.br

Resumo: Estabelecendo um sistema fotovoltaico residencial composto por células fotovoltaicas de silício monocristalino um inversor de carga atuando em eficiência mínima, foi realizado um comparativo entre o potencial de geração de energia elétrica proveniente da radiação solar em todos os estados que compõem a região nordeste do país, com um consumo mensal de uma residência. Com base nos resultados obtidos e possível notar que todos os nove estados apresentarão resultados satisfatórios, assim qualificando a região nordeste como zona de alto potencial para a instalação de sistemas fotovoltaicos.

Palavras-chave: radiação solar, geração de energia, sistemas fotovoltaicos

1. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a humanidade fez uso dos recursos naturais do planeta, sem apresentar grandes preocupações com possíveis efeitos que poderia trazer ao meio ambiente [1]. No entanto, a busca por meios de se obter energia de forma renovável e economicamente viável, tem se tornado algo frequente.

Então, temos o sol que é a maior fonte de energia que abastece a terra, responsável por originar indiretamente diferentes fontes de energias já utilizadas tais como: eólica, hidroelétrica e além de ser responsável por essas energias, na forma indireta, o sol tem potencial de uso direto seja ele na forma passiva (arquitetura bioclimática) ou na forma ativa (solar térmica, solar termoelétrica e solar fotovoltaica). O Brasil apresenta um potencial energético fotovoltaico elevado resultante de sua localização privilegiada, próxima à linha do equador, de modo que o nível de radiação solar, sofra somente uma leve variação ao longo do ano [2].

Tendo o nordeste brasileiro sendo considerado como um dos locais no mundo com maior potencial para geração de energia solar, na região do semiárido são observados os melhores índices com valores que vão de 200 a 250 W/m² de potência contínua, que ao longo do ano chega a uma geração de 1752 a 2190 kWh [3], mesmo com todo esse alto potencial a maior parte da energia elétrica disponível para a região, é proveniente de fontes hidrelétricas, sendo o rio São Francisco como principal fornecedor. Vem sendo diagnosticado que o potencial hidroelétrico da região Nordeste estar basicamente se esgotando, por tanto a utilização de energia proveniente das hidrelétricas estar comprometida. Então solução para esse problema seria a utilização de energia proveniente de um sistema solar para a geração de energia

Projetos vem sendo desenvolvidos juntos com planos de financiamento com o intuito de ajudar a disseminar a ideia de produzir sua “própria energia” em cada residência. Certas empresas têm desenvolvido uma linha de financiamento específico, com o desenvolvimento de projetos dedicados a micro e mini geração de energia. Nesse sentido, todos os nove estados da região nordeste foram incluídos, em um programa do governo onde a geração de energia, fica livre da cobrança do imposto sobre circulação de mercadorias e serviços (ICMS), influenciando diretamente o processo de instalação de sistemas de pequeno porte, o que o torna ainda mais viável, a implementação desses sistemas de geração de energia, em residências na região nordeste[4].

Desta forma, o objetivo do trabalho é apresentar os sistemas de geração de energia fotovoltaico, como forma de difundir o uso dessa tecnologia e levantar a viabilidade econômica para instalação desses sistemas no Nordeste do Brasil.

2. METODOLOGIA

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido, na região Nordeste do Brasil, uma região do território brasileiro que segundo [4], equivale 18,2 % de toda extensão territorial do país. É composta por 9 estados limitando-se com as regiões Norte (a Oeste), Centro-Oeste (a Sudoeste), Sudeste (ao Sul), e com o oceano atlântico (ao Norte e Leste) como apresentado na figura 1. Conforme dados obtidos pelo Censo demográfico de 2010, realizado pela Instituição Brasileira de Geografia e Estatística (IBGE) [4], a população nordestina totaliza 53.081.950 habitantes, abrigando cerca de 28% da população residente no Brasil. Apresentando uma densidade demográfica de 34,1 hab/km², com um crescimento demográfico de 1,3% ao ano [4]. O Nordeste apresenta características físicas e socioeconômicas que variam de acordo com a região criando-se assim sub-regiões do Nordeste que são elas [5]. A região apresenta um clima quente com secas prolongadas, e chuvas em determinados meses do ano, a região é considerada como a região que mais recebe radiação solar anualmente no país.



Figura 1: Mapa do Brasil - Nordeste Brasileiro
Fonte: Info Escola

A região já ocupa um lugar de destaque no cenário de produção de energia limpa, graças ao seu grande potencial de geração de energia através de sistemas de geração eólica de energia, ainda assim a região do nosso país, é responsável por apresentar o maior potencial para produção de energia proveniente da radiação solar do país como mostra a figura 2, pois isso é resultante da sua localização mediante a linha do equador. O que faz com que os raios solares atinjam a superfície sob um ângulo de 90° [6], além do que a pouca variação no fotoperíodo torna a geração de energia constante ao longo do ano, o que a torna a região mais favorecida do país para utilização de sistemas fotovoltaicos.

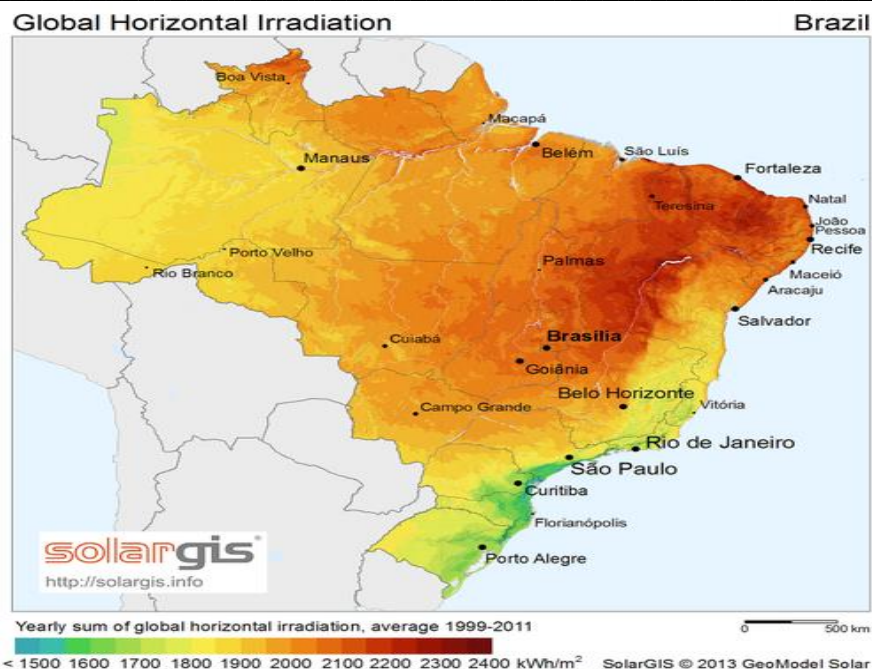


Figura 2: mapa do Brasil - distribuição de radiação
Fonte: Solar Gis

2.2 PROCESSAMENTO DE DADOS

Para a realização do trabalho foram utilizadas estações meteorológicas distribuídas em cada estado que constituem a região Nordeste do país. De acordo com a disponibilidade existente, foram reunidos dados mensais de radiação em (kJ/m^2) fornecidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) [7]. É de posse dos dados de radiação, foram utilizados em uma equação característica de geração de energia solar através da radiação incidente em painéis fotovoltaicos, antes do cálculo de energia produzida e se faz necessário cálculo de potência instalada do sistema o qual foi adotado o uso, de painéis constituídos de silício Monocristalino que apresenta em média uma eficiência de 25%, uma área de captação de aproximadamente 13m^2 . Para o cálculo de geração de energia é utilizado um inversor de carga com eficiência de 90% que é a eficiência mínima oferecida pelos fabricantes segundo [8], assim foi estimado a energia média mensal gerada pelo sistema ao longo de um ano para cada um dos estados, criando um gráfico que deixa explícito a geração de energia em cada localidade a cada mês em um intervalo de um ano, por fim foi realizado um comparativo com um consumo médio de uma casa, para ser diagnosticado a existência ou inexistência de um possível potencial capaz de suprir um consumo residencial.

- A potência instalada no sistema PPP (em kW).
- Área disponível para instalação dos painéis solares A_d (m^2).
- Eff corresponde a eficiência do painel que é utilizado (%)

$$P_{CC} = A_d \cdot (\text{Eff} / 100)$$

Equação 1: cálculo de potência instalada

A quantidade de energia fotovoltaica gerada pelo sistema será obtida em função da potência instalada, da eficiência do sistema inversor e da irradiação incidente no plano do painel.

- Onde (E) simboliza o total de energia que vai ser produzida pelo sistema (kWh).
- nel corresponde a eficiência do sistema inversor (%)
- GPOA e a variável que identifica o grau de radiação incidente nos painéis (kWh)

$$E = \text{nel} \cdot P_{CC} \cdot G_{POA}$$

Equação 2: cálculo da quantidade de energia gerada pelo sistema

Para se determinar a real viabilidade do sistema para determinada região do país usamos de uma planilha na qual simulamos o consumo médio mensal de uma residência, em seguida os estados da região Nordeste foram

divididos em grupos. Assim, pelo cálculo que determina geração de energia através de radiação, demonstrado por [8] em seu trabalho, determinamos então área mínima necessária para cada sistema suprir o consumo médio residencial, adotando-se como referência uma residência padrão (Tabela1), assim como adotado por [9]. Em seguida foi realizado o orçamento do custo de instalação do sistema utilizando uma plataforma online disponibilizada por [18], levando-se em conta as especificidades de cada grupo.

Aparelhos Elétricos	Quantidade	Dias Estimados	Média	Consumo Médio Mensal (kWh)
		Uso/Mês	Utilização/Dia	
Aparelho de DVD	1	8	2 h	0,24
Aparelho de som	1	20	3 h	6,6
Batedeira	1	8	20 min	0,4
Cafeteira elétrica	1	30	1 h	6,56
Computador	1	30	8 h	15,12
Ferro elétrico automático a vapor 1200 W	1	12	1 h	7,2
Forno micro-ondas 25 L	1	30	20 min	13,98
Geladeira 2 portas	1	30	24 h	48,24
Lâmpada fluorescente compacta - 11 W	6	30	5 h	9,9
Lavadora de roupas	1	12	1 h	1,76
Liquidificador	1	15	15 min	0,8
Torradeira	1	30	10 min	4
TV em cores - 29" (tubo)	2	30	5 h	30,3
Ventilador de mesa	3	30	8 h	51,84
Videogame	1	15	4 h	1,44
Carregador para celular	3	30	60 min	0,14
TOTAL	26	360	64 h 5min	198,52

Tabela 1: Simulador do consumo de energia elétrica
Fonte: PROCEL INFO

Para calcular o Consumo médio de energia (Cm) em kWh, utilizou-se a (Equação 3), o qual resulta no produto entre W que é a potência do equipamento, o Nh sendo número de horas utilizadas e por fim Nd como o número de dias de uso ao mês, originando assim:

$$Cm = \frac{W * Nh * Nd}{1000}$$

Equação: 3

2.3 A RADIAÇÃO SOLAR E SUA COMPOSIÇÃO

A radiação solar teve descoberta início do século XVII, quando o cientista Isaac Newton descrevia como uma luz branca que poderia ser decomposta em conjunto de cores chamado de espectro descontínuo, cada uma dessas cores e uma onda eletromagnética com comprimento de onda diferente (Λ). Comprimento de onda é considerada a distância entre dois picos [10].

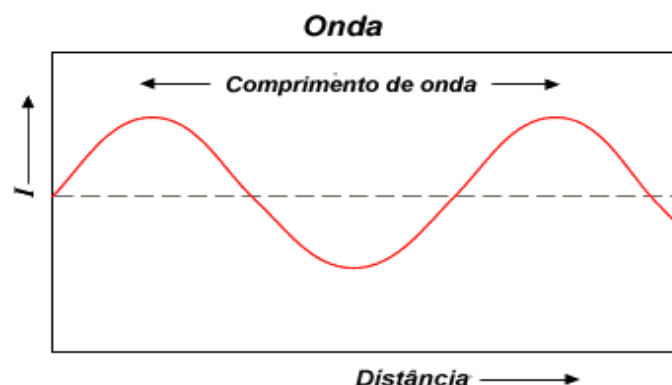


Figura 3- gráfico comprimento de onda

Fonte: física total

Faixas de onda entre 400nm e 700nm, são ondas eletromagnéticas visíveis, também ocorre a existência de ondas eletromagnéticas não visíveis entre elas os raios infravermelhos (IV) e raios ultravioletas (UV), ao observar o espectrograma eletromagnético é destacado que essas duas radiações estão nos limites da luz visível. Tendo a radiação infravermelho um comprimento de onda (λ) entre 700nm e 50 000nm, enquanto a ultravioleta vai de 200nm a 400nm [10].

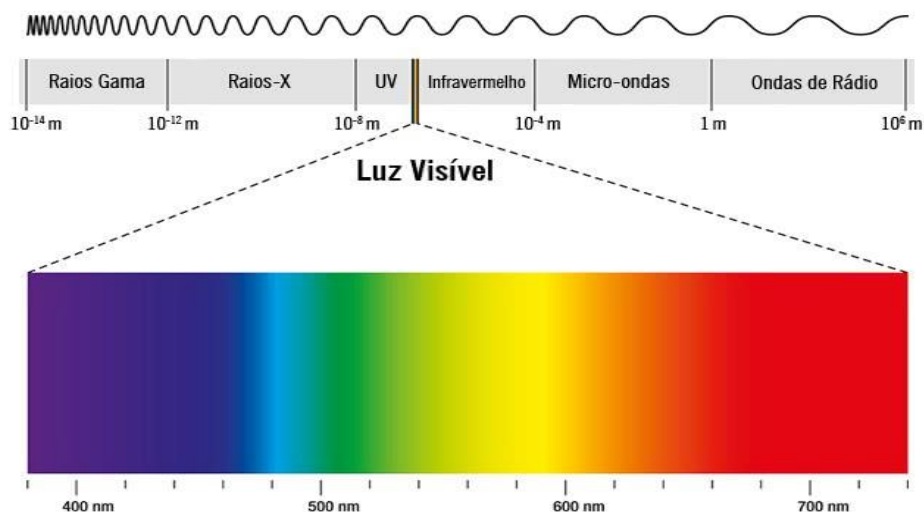


Figura 4- espectrograma eletromagnético

Fonte: Toda matéria

A radiação ultravioleta (UV) que apresenta comprimento de onda de 380 nm a 1 nm é a radiação com maior grau de energia da luz solar, responsável por reações químicas que envolvem transições eletrônicas que podem ser diretamente aproveitadas como fonte de energia [11].

2.4 APROVEITAMENTO DA RADIAÇÃO SOLAR

Segundo [9], o aproveitamento da energia solar pode ser feito diretamente para iluminação, aquecimento de fluidos e ambientes ou ainda para a geração de potência mecânica ou elétrica, como fonte de energia térmica. A energia solar pode ainda ser convertida em energia elétrica por meio de efeitos sobre materiais, dentre os quais estão os termoeletrônicos e os fotovoltaicos. A transformação da energia proveniente da radiação solar em energia elétrica, é resultado dos efeitos da radiação sobre materiais semicondutores, sobressaindo-se os efeitos termoeletrônicos e fotovoltaicos, para o efeito fotovoltaico, descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, os fotos contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica por meio do uso de células fotovoltaicas, o processo mais comum na geração de energia através da radiação solar, entre todos os materiais o mais adequado para a conversão da energia solar em energia elétrica são as células solares construídas de silício [9]. O tipo de célula a ser usada está diretamente relacionado com a eficiência de geração do sistema, em busca de novas tecnologias para o melhor aproveitamento dos sistemas fotovoltaicos tem-se explorado novos materiais e realizado pesquisas para o avanço da tecnologia na produção de células fotovoltaicas [2].

2.4.1. Células fotovoltaicas

Existe três tecnologias, para a produção de células fotovoltaicas, sendo classificadas como gerações, de acordo com o material em sua composição e suas características.

Segundo [1], a primeira geração representa 85% do mercado graças, a sua eficiência e confiança, ela é composta pelo silício cristalino (c-Si), que se subdivide em silício monocristalino (m-Si), e silício policristalino (p-Si), segundo [1], os módulos de silício monocristalino, são obtidos a partir de um único cristal mergulhados em silício fundido, neste processo o cristal recebe pequenas quantidades de boro formando um semicondutor dopado do tipo “p”. A esse semicondutor, após seu corte introduzido impurezas do tipo “n”, expostas a vapor de fósforo (P) em fornos com altas temperaturas garantindo a sua eficiência e confiabilidade. De acordo com [1], a eficiência do módulo fotovoltaico p-Si, é menor que a do silício monocristalino, mesmo sendo fabricados pelo mesmo material. Isto, pois ao invés de ser formado por um único cristal, é fundido e solidificado, resultando em um bloco com grandes quantidades de grãos ou cristais, concentrando assim um maior número de defeitos, e, função destes, o seu custo é mais baixo se comparado as células monocristalinas.



Figura 5: tipos de células fotovoltaicas
Fonte: Solar panel

Já para a segunda geração, também conhecida como filmes finos, temos ela dividida em três cadeias, silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre, e índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe).

Segundo [1], em comparação às demais tecnologias fotovoltaicas, os filmes finos apresentam grande vantagem de consumir menos matéria-prima e menos energia na sua fabricação, tornando assim consideravelmente baixo o seu custo, além disso, a reduzida complexidade na fabricação torna mais simples os processos automatizados, o que favorece sua produção em escala.

Para a terceira geração temos segundo [1], células orgânicas, que são células que permitem uma utilização mais eficiente da radiação solar, assim sendo a terceira geração deve ser altamente eficiente, possuir um baixo custo por utilizar materiais abundantes de baixa toxicidade.

Com base na análise de [1], podemos considerar as células orgânicas ou poliméricas representam a mais recente tecnologia fotovoltaica, estando ainda, em fase de pesquisa e desenvolvimento, teste de produção em pequena escala.

2.4.2. Sistemas de geração de energia fotovoltaica

Defino o material da célula fotovoltaica é necessário determinar o tipo de sistema gerador que vai ser usado tendo em vista que podem ser sub-classificados em dois tipos [1]: sistemas “*off grid*” e “*on grid*”.

O primeiro (*off grid*) representa um sistema fotovoltaico autônomo, que é caracterizado pela necessidade de um sistema de armazenamento de energia, normalmente um conjunto de acumuladores químicos (baterias), onde a energia produzida pelos painéis é armazenada e distribuída aos pontos de consumo. O sistema autônomo ou (*off grid*) apresenta como vantagem a possibilidade de ser utilizado em áreas remotas, onde outros meios de fonte de energia elétrica sejam de difícil ou impossível acesso, isso graças ao seu banco de baterias. Em contrapartida apresenta uma enorme desvantagem quando se trata do fator financeiro tendo em vista um aumento considerado em relação aos sistemas (*on grid*), isso devido ao alto custo para construção do seu banco de baterias [3].

O sistema é composto por uma série de componentes onde cada um apresenta uma grande importância para a máxima eficiência do sistema [3], conforme Figura 1, apresentados a seguir.

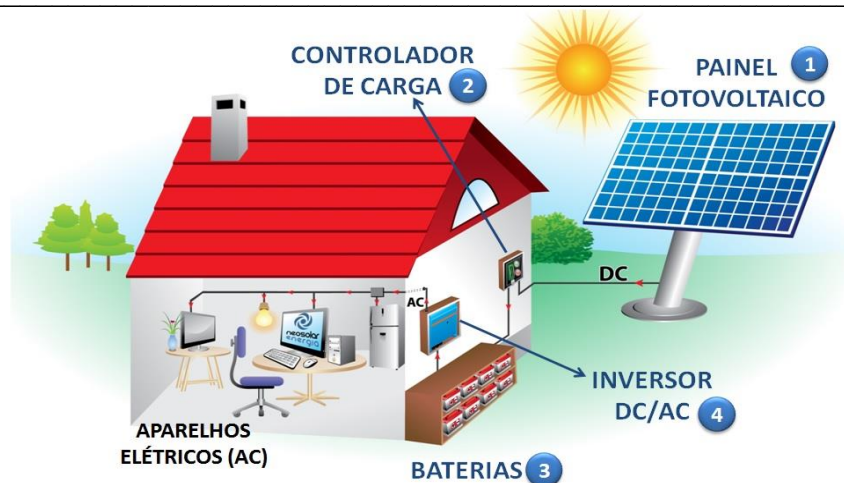


Figura 6: funcionamento de um sistema off grid
Fonte: Portal do Sol

Além dos painéis fotovoltaicos, o sistema off grid conta com: Controlador de carga, também chamado de regulador de carga, este componente é geralmente, utilizado em sistemas off grid, ou seja, que empregam o uso de baterias para o armazenamento de energia, com base no que afirma [12], os controladores de carga tem a função de proteger os acumuladores de carga de uma sobrecarga, além disso se bem ajustados asseguram que o sistema funcione em máxima eficiência; baterias, ou acumuladores de carga, que são dispositivos responsáveis pelo armazenamento da energia elétrica gerada pelos módulos, com o intuito de suprir a demanda na ausência da radiação solar, já que a radiação solar não ocorre nos períodos noturnos, e é reduzida em dias nublados [12]; e **Inversores**, dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia em corrente contínua. Com referência ao que diz [12], a energia elétrica na saída dos módulos ocorre em corrente contínua. Isto inviabiliza sua aplicação direta na maioria dos equipamentos, pois a maior parte são projetados para funcionamento em corrente alternada. Para a solução do problema, emprega-se o uso dos inversores. Além disso o equipamento é capaz de ajustar a tensão e frequência, para que o sistema possa ser conectado à rede de distribuição de energia, proposta de atuação do sistema **ON GRID**.

O sistema on grid é definido como um sistema interligado à rede de distribuição de energia local, que tem em sua composição, a inexistência de um banco de baterias, que é substituído por um relógio bidirecional. A existência de um relógio bidirecional no sistema traz uma reformulação, para a produção e consumo de energia solar. Pois ao contrário do sistema **OFF GRIND** onde a energia é armazenada em baterias, para o sistema **ON GRIND** essa energia é consumida e seu excedente injetado diretamente na rede de distribuição da companhia de abastecimento de energia de cada região, que transforma esse excedente em créditos para energia acrescentada à rede, o que reduz o investimento inicial e manutenção do sistema, viabilizando-o economicamente para diversas regiões, no entanto retira a autonomia do sistema, o que o torna diretamente dependente da rede de distribuição de energia em momentos que não houver sol, tornando isso como um ponto negativo [13].

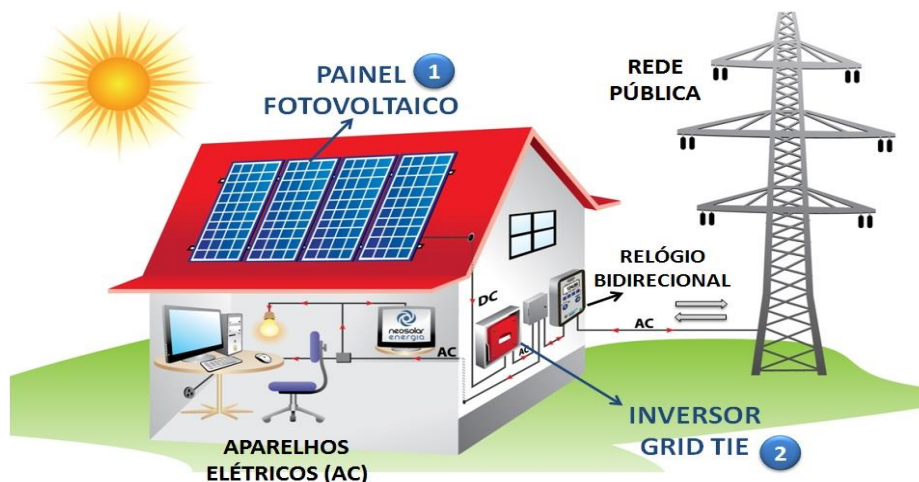


Figura 7: funcionamento do sistema on grid
Fonte: Portal do Sol

Os componentes do sistema **ON GRIND**, se diferencia do sistema **OFF GRIND** apenas pela inexistência de um banco de baterias é a existência de um novo equipamento, o **relógio bidirecional**, equipamento responsável por medir continuamente o consumo de energia elétrica monitorando simultaneamente seu consumo e a quantidade de energia que seu sistema injetada na rede pública de energia, uma vez que a produção de energia seja maior que o consumo da residência. sobre cedente, ficara disponível para companhia elétrica da região, é o proprietário do sistema será remunerado com créditos de energia que podem ser usados na residência que o sistema estar instalado em tempos que existir um decaimento na produção ou em outros imóveis com tarifas de gastos elétricos registrados em nome do proprietário do sistema.

3.RESULTADOS E DISCUSÕES

3.1 GERAÇÃO DE ENERGIA NO NORDESTE DO BRASIL

O Gráfico 1 representa o quantitativo potencial de produção energética apresentada por cada um dos estados que compõe a região nordeste do país. Foi utilizada de uma equação característica apresentada por [12], para a estimativa geração de energia em sistemas fotovoltaicas através de dados de radiação media.

Na análise gráfica, e nítido o alto potencial de produção energética apresentado pelas capitais que fizeram parte do estudo, sendo observado que a maior parte dos estados com exceção do estado de Pernambuco, tem um início de ano com um potencial elevado somente uma leve queda ao longo dos meses de abril a julho, apresentando um pico de produção no mês de outubro. Já para estado do Pernambuco tem comportamento diferente que a partir do mês de janeiro sofre um aumento no índice de produção energética e se mantém estável ao em quase todo o ano sofrendo um decaimento somente no mês de dezembro.

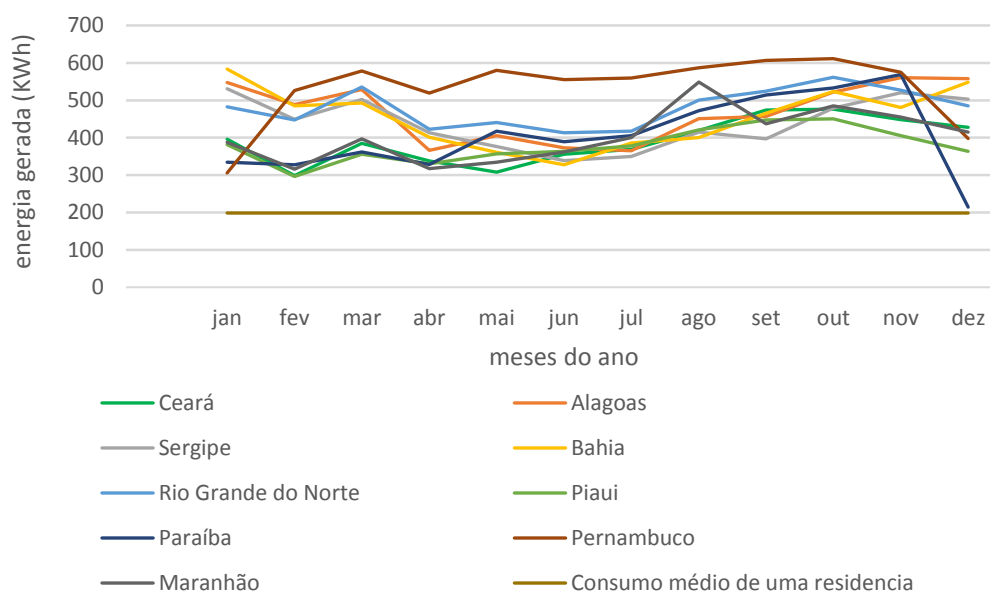


Gráfico 1: geração de energia ao longo dos meses do ano
Fonte: Própria (2018)

3.2. VIABILIDADE DO SISTEMA

Grupo 1	Grupo 2
Alagoas	Ceará
Bahia	Piauí
Pernanbuco	Paraíba
Sergipe	Maranhão
Rio Grande do Norte	

Quadro 1: Divisão dos grupos

Para determinação da viabilidade do sistema a região Nordeste do Brasil foi dividida em dois grupos conforme a tabela 2 dependendo da necessidade de painéis fotovoltaicos para suprir a demanda de uma pequena residência (Tabela 1). Desta forma, o Grupo 2 se fez necessário de 6 painéis, gerando uma área de captação de aproximadamente 9m² gerando energia, suficiente para atender essa necessidade. para o Grupo 1 utilizou-se de apenas 3 painéis gerando uma área aproximada de 4,5m² de captação para satisfazer o consumo.

A figura 9 retrata as curvas de geração do grupo 1 ao qual para atingir o consumo médio de uma residência adotada como padrão necessitou de uma área de captação menor em relação ao grupo 2 que traz para o sistema um custo menor para a sua instalação, assim reduzindo o tempo que seria necessário para a sua quitação, ou seja o pagamento pela instalação do sistema. Foi observado que em média cada estado desse grupo gerou 230 kWh de média mensal, respectivamente para os estados Alagoas, Bahia, Sergipe, Rio Grande do Norte e Pernambuco.

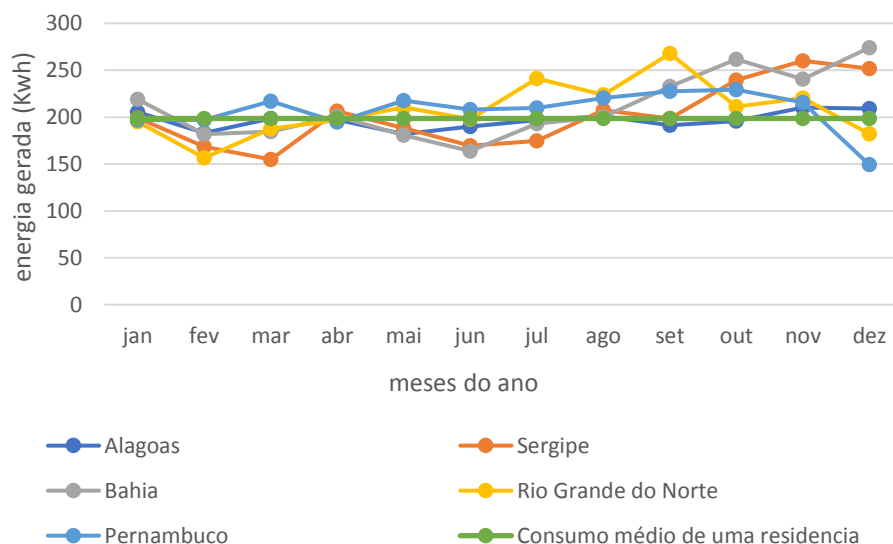


Gráfico 2: Estimativa de geração de energia para cada estado do grupo 1

Fonte: Própria

Para o grupo 2 houve necessidade de uma área de captação de 9m², o dobro do grupo 1. Esse aumento na área de captação pode ser resultante principalmente da redução da radiação global incidente sobre a superfície. Sobretudo com o aumento da área para captação foi observado um aumento linear no custo para a instalação do sistema. Foi observado que em média cada estado desse grupo gerou 237,30 KWh de média mensal, respectivamente para os estados do Ceará, Piauí, Paraíba e Maranhão (Gráfico 3).

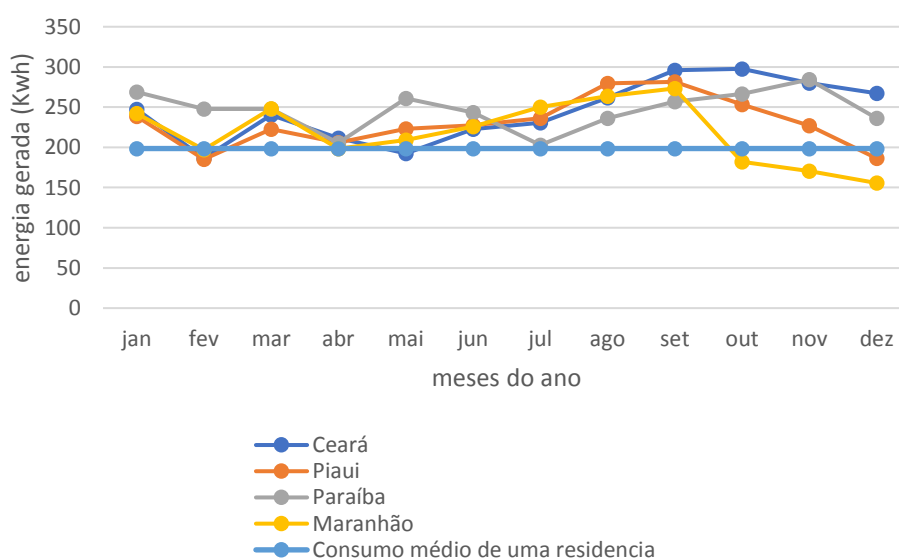


Gráfico 3: Estimativa de geração de energia para grupo 2

Fonte: Própria

O gráfico 4 representam o custo de aquisição do sistema, constante ao longo do tempo em função a economia obtida na geração de energia resultante da instalação de sistemas de 4,5m² e de 9m², respectivamente para cada grupo de estados. Vale salientar que para obtenção dos valores resultantes da economia gerada foram utilizados valores atuais obtidos da companhia de distribuição de energia local (0,56 reais (R\$) valor por kwh). Observa-se no gráfico que o investimento inicial para instalação do sistema fotovoltaico foi de R\$15.000,00 para o (Grupo 1) e de R\$25.000,00 para o (Grupo 2). Observa-se também que para o grupo 1 Representado pela reta na cor amarela, o período necessário para o consumidor pagar o custo de aquisição do sistema (Período de retorno) foi de 12,5 anos (Gráfico 4). Para o grupo 2 representado pela reta na cor verde, houve a necessidade de uma faixa de tempo maior em função do custo mais elevado do sistema, necessitando de um período de retorno de 17,5 anos. Observa-se também, que considerando uma vida útil de 25 anos (Durabilidade média do sistema), os sistemas passam a gerar lucro após esse período de retorno, resultando em uma economia em torno de R\$15.000,00 para o grupo 1 e de R\$10.000,00 para o grupo 2. Vale salientar que não foi abordado os supostos reajustes na conta de energia ao longo do tempo, o que tende a reduzir de forma substancia o período de retorno em ambos os casos, aumentando a lucratividade dos sistemas. Em ambos os casos não foi considerado as despesas com manutenção do sistema que tende a ser irrisórias [18]

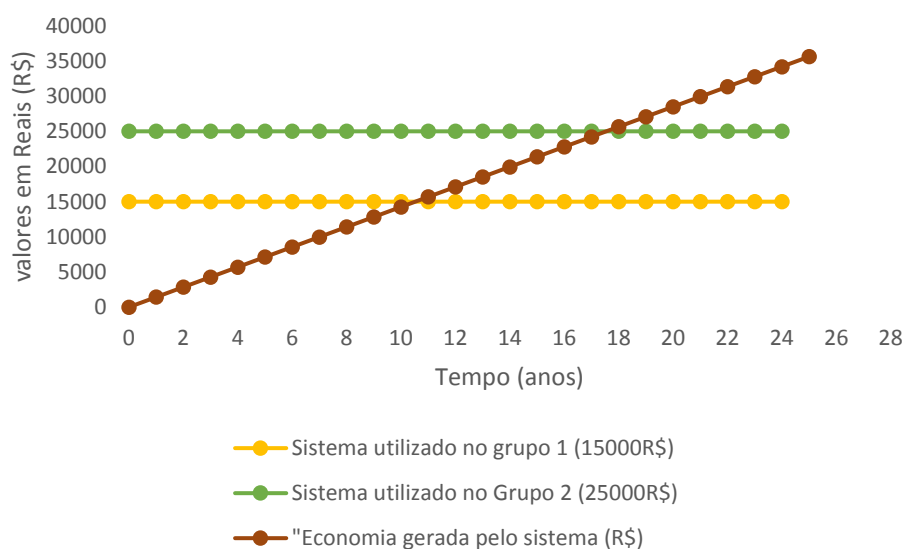


Gráfico 4: Comparativo entre o investimento inicial para instalação do sistema para grupo 1 e 2. E a economia resultante da energia obtida pelo sistema fotovoltaico.

Fonte: Própria

4. CONCLUSÕES

A região Nordeste do país apresenta condições favoráveis e alto potencial para a utilização de sistemas fotovoltaicos residenciais devido as suas condições climáticas e sua geolocalização.

Em todos dos 9 estados que constituem a região Nordeste foi possível diagnosticar um potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos que podem suprir o consumo médio mensal de uma residência, funcionando da forma complementar ao sistema de distribuição de energia em cada localidade (sistemas *on grid*).

Observou-se uma possível viabilidade econômica para instalação de sistemas fotovoltaicos residenciais em todas as regiões do Nordeste do Brasil, com período de retorno variando de 12 a 15 anos, apresentando-se como um sistema viável e lucrativo. Verificou-se que os sistemas fotovoltaicos são compostos por componentes simples, de fácil interpretação, no entanto necessita de mão de obra especializada para sua instalação.

REFERÊNCIAS

- [1] ALMEIDA, E., ROSA, A., & DIAS, F. (2016). Energia Solar Fotovoltaica . *Fumec*, 13.
- [2] CEMIG- COMPANHIA ENERGETICA DE MINAS GERAIS . (2012). Alternativas energeticas uma visão cemig. Belo Horizonte .
- [3] MARQUES, R. (2009). Energia solar fotovoltaica e perspectiva de autonomia para o nordeste brasileiro . 10.
- [4] IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- [5] FRANCISCO, Wagner de Cerqueira e. "A Região Nordeste"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/a-regiao-nordeste.htm>>. Acesso em 31 de agosto de 2018.
- [6] **O QUE É NORDESTE BRASILEIRO**. Brasília: Brasiliense, 1999.
- [7] (INMET), Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais de Radiação Solar**. Disponível em
- [8] PENA, Rodolfo F. Alves. Agreste: Agreste. **Geografia Humana do Brasil**, [s.l.], p.01-03, 2016. Mensal. Disponível em:
- [9] PENA, Rodolfo F. Alves. "Economia do Nordeste"; *Brasil Escola*. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/brasil/economia-nordeste.htm>>. Acesso em 01 de setembro de 2018.
- [10] FREITAS, E. d. (s.d.). Zonas termicas da terra . *geografia fisica*
- [11] MUNDO DA EDUCAÇÃO. (12 de março de 2018). Fonte: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/luz-solar-radiacao-ultravioleta.htm> :
- [12] ISABEL, Salamoni. METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM ÁREAS URBANAS. In: ENCAC, 6., 2003, Curitiba. **METODOLOGIA PARA CÁLCULO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM ÁREAS URBANAS**. Curitiba: Cotedi, 2003. p. 01 - 07.
- [13] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). (2005). *Atlas da Energia Elétrica do*
- [14] PINHO, J., & GALDINO, M. (2014). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. *Cepel-Cresesb*. Rio de Janeiro.
- [15] SOUZA. (10 de Abril de 2017). *BLUESOL ENERGIA SOLAR*. Fonte: <http://blog.bluesol.com.br/sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-on-grid/Brasil>. Brasília-DF.
- [16] Enel x. (15 de 02 de 2015). *Energia solar*. Fonte: Enel X: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>>. Acesso em: 18 jul. 2018.
- [17] TAVORA, Valéria Claudia. **ENERGIA FOTOVOLTAICA: ENERGIA FOTOVOLTAICA**. 2001. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- [18] PORTAL DO SOL. **Simulador solar: ENERGIA FOTOVOLTAICA**. 2017. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 18 ago. 2018.