

Estimativa do potencial fotovoltaico nas escolas municipais de Mossoró-RN

Pedro Ivan Moreira Bezerra
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-árido
Mossoró, Brasil
pedro.bezerra80160@alunos.ufersa.edu.br

Ednardo Pereira da Rocha
Departamento de Engenharia e Tecnologia
Universidade Federal Rural do Semi-árido
Mossoró, Brasil
ednardo.pereira@ufersa.edu.br

Resumo — A busca por opções mais ecologicamente corretas para a produção de energia elétrica tem sido estimulada pela crescente demanda energética no Brasil e no mundo. Dadas as altas taxas de irradiação solar em toda a região brasileira, a energia solar fotovoltaica apresenta-se como uma alternativa de alto potencial para o Brasil. Os sistemas solares fotovoltaicos (PV) incorporados em edificações e conectados à rede de distribuição elétrica podem ser utilizados graças a regulamentações públicas que fomentaram a adoção de novas tecnologias de geração de energia. O presente estudo determina o potencial de geração de energia solar fotovoltaica das escolas municipais no perímetro urbano de Mossoró-RN. Os resultados puderam ser obtidos por uma análise da área de cobertura das edificações, uma revisão das estatísticas locais de radiação solar e dados sobre o uso de energia das instalações. A análise mostrou uma capacidade de geração de energia solar de 3.178,3 MWh anualmente nas coberturas, bem como o potencial de economia de consumo de energia convencional ao longo do ano de R\$ 2.542.680,9.

Palavras-chave — Energia solar, Geração distribuída, economia, Microgeração.

I. INTRODUÇÃO

Apesar de ser predominantemente renovável, a matriz elétrica brasileira é centralizada e não diversificada, sendo composta por grandes centrais de usinas hidrelétricas, que apesar de ser considerada uma fonte de energia renovável, esta não é considerada uma fonte alternativa. Devido à grande escassez das chuvas, a matriz energética brasileira foi marcada pela queda da oferta de energia hidráulica. Ocasionalmente o acionamento das usinas termelétricas e abrindo espaço para participação de outras matrizes energéticas renováveis. A geração hidráulica reduziu 8,5%, em contrapartida, a geração eólica atingiu 72 TWh – crescimento de 26,7%. Já a geração solar atingiu 16,8 TWh (geração centralizada e MMGD), o que representou um avanço de 55,9% em relação ao ano 2020. [1]

A escassez das chuvas, também tem ocasionado um considerável aumento das tarifas de energia elétrica, pois devido ao baixo volume nos reservatórios das hidrelétricas as termelétricas entram em operação intensamente a fim de suprir a demanda de energia, sendo está, considerada uma fonte de energia elétrica mais onerosa que por sua vez o custeio é repassado ao consumidor. Por isto, nos últimos anos a conta de energia elétrica para o consumidor tem crescido de forma significativa. [1]

Os reajustes tarifários anuais realizados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) deste ano tiveram uma média de 17% para consumidores residenciais. No mesmo período do ano passado (2021) a variação média foi de 6,68%. [2]

Com esse cenário surge a necessidade por novas fontes de energia elétrica, fazendo com que a potencialidade da nossa região seja mais aproveitada, configurando mudanças do modelo de geração, a fim de buscar a descentralização e a diversificação da matriz energética brasileira. Com os surgimentos de incentivos econômicos, redução de custos em equipamentos e a rapidez no desenvolvimento tecnológico permitem o uso de usinas fotovoltaicas ligadas à rede de energia elétrica de maneira simples, eficiente e rentável, como uma nova alternativa na mudança desse cenário. Onde essas usinas a qual podem ser aplicadas em grandes ou pequenos sistemas de forma autônomo e através da Lei nº 5.163/2004 de geração distribuída (GD).

O presente estudo visa aplicar uma metodologia de levantamento de capacidade teórica de geração de eletricidade, através de sistemas fotovoltaicos nas escolas municipais de Mossoró-RN, como uma forma de contribuir para a descentralização das fontes de energia no Brasil, avaliar a redução de custos energéticos e disponibilidade do potencial fotovoltaico disponível para uso. Para isso foi realizado um estudo na região, levando em conta os perfis das edificações para análise técnica.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão apresentadas as características que constituem o setor elétrico Brasileiro, o clima e a disponibilidade do recurso solar por fim a geração distribuída no Brasil.

A. Setor elétrico Brasileiro

A revolução energética pela qual o mundo está passando representa uma mudança significativa na forma como o mundo gera, transmite, distribui e usa energia. As próximas gerações da sociedade terá uma infraestrutura de energia, que beneficiará tanto ao seu governo e indústria como o próprio indivíduo de forma individual. No início desse processo estão as preocupações com a segurança energética e as mudanças climáticas. No entanto, os custos das fontes de energias renováveis estão decrescendo de uma forma bastante significativa, com isto, alterando os sistemas energéticos tradicionais. [3]

Globalmente, os formuladores de políticas estão cientes das possibilidades criadas pela integração de novas tecnologias em seus modos de produção energética. Uma oportunidade de expansão econômica é investir na transição energética. Para substituir suas atuais capacidades de geração energética de formas tradicionais por sistemas elétricos renováveis mais acessíveis e ecologicamente corretos, muitas nações precisarão de décadas para por isso em prática. O Brasil é superior nesse quesito, sua infraestrutura elétrica atual, amplamente renovável e variada, oferece uma oportunidade de eletrificar outros setores econômicos, produzindo energia e eficiência econômica, além de reduzir as emissões de carbono com uma perspectiva de desenvolvimento de baixo custo.[3]

Ao longo do desenvolvimento do setor elétrico, alguns aspectos merecem atenção. A primeira é que o custo da energia solar fotovoltaica nos leilões de energia continua diminuindo, aumentando ainda mais a sua competitividade. [10]. Um outro ponto a ser destacado é a taxa de crescimento da energia solar distribuída (GD), que já ultrapassou a marca de 13 GW em 2022 contabilizado pelas usinas de grande porte e os sistemas de geração própria. Esse crescimento foi devido aos incentivos da ANEEL que traz resoluções normativas (482/2012 e 687/2015) possibilitando que o consumidor possa gerar sua própria energia elétrica e utilizar a rede pública sem custos adicionais.[4]

Por último, chama-se a atenção para o fato de que a taxa das tarifas de eletricidade continuam a subir a um ritmo bastante elevado. O Brasil tem um dos preços de energia mais altos do mundo. Isso dificulta o processo da eficiência econômica e energética brasileira, além de comprometer as rendas das famílias de classes baixas e a competitividade industrial. [3]

Então, essa transição energética utilizando novas fontes tem como a principal forma de acelerar o crescimento da economia brasileira, consequentemente reduzindo o custo da energia no país. E no caminho dessa transformação, passa pela criação de um sistema energético, diversificado, estável e resiliente, de acordo com as exigências de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, está o debate sobre a reforma do setor elétrico brasileiro, atualmente em discussão. [3]

B. Clima e disponibilidade do recurso solar

A energia proveniente do sol é uma enorme fonte de calor e luz, podendo ser utilizada através das células fotovoltaicas para converter a luz proveniente do sol em energia elétrica. O sol é considerado a principal e inesgotável fonte de energia do planeta e é responsável por proporcionar vida no nosso planeta, além disso, da energia solar originam-se outras fontes de energia como biomassa, eólica e hidráulica. O sol fornece $1,5 \times 10^{18}$ kWh de energia anualmente na atmosfera terrestre, o que é equivalente a 2208 vezes o consumo nacional de energia elétrica no ano de 2021. [5]

B.1 Radiação solar

A energia total incidente na superfície da terra, podendo ser chamada de radiação solar, depende de fatores atmosféricos, como umidade relativa do ar, latitude, estação do ano e incidências de nuvens. Logo podemos determinar essa radiação solar como a "constante solar", que é igual a 1.367 W/m^2 quando medida em um plano perpendicular à direção de propagação dos raios solares no topo da atmosfera terrestre. [6]

A quantidade de energia que o Sol fornece à Terra no topo da atmosfera é de aproximadamente 174 mil TW (terawatts), levando-se em conta o raio médio da Terra, que é de 6.371 km, e o valor de irradiância de 1.367 W/m^2 incidente na área projetada da terra. Com isso, estima-se que cerca de 94.000 TW realmente chegam à superfície da Terra após contabilizar as perdas de reflexão e absorção da atmosfera. [6]

Os níveis de irradiação solar na superfície da Terra são descritos no Mapa Solarimétrico Mundial na figura 1 e 2. O Brasil é uma das nações tropicais e equatoriais com maior potencial energético devido à sua posição geográfica, que lhe permite receber maiores quantidades de radiação solar.

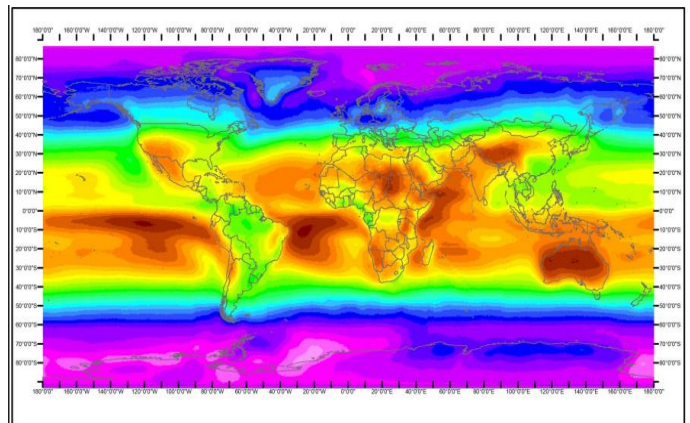


Figura 1 - Mapa mundial de irradiação solar em média anual. [12]

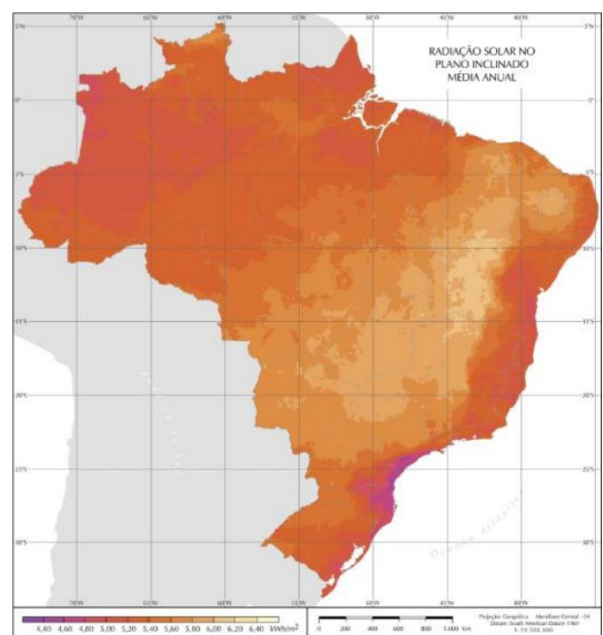


Figura 2 – Mapas de irradiação global horizontal e total (inclinada) para o território brasileiro. [12]

C. Geração distribuída

A geração distribuída é definida na Lei nº 5.163/2004, artigo 14, como a produção de energia elétrica provenientes de concessionárias, permissionárias ou autorizadas que estejam diretamente ligadas ao sistema de distribuição elétrica do comprador, com exceção de usinas hidrelétricas com capacidade instalada superior a 30 MW e usinas termelétricas, incluindo cogeração, com eficiência energética inferior a 75%.[7]

O sistema de compensação elétrica para projetos de mini e microgeração distribuída de energia renovável e cogeração foi estabelecido em 2012 com a aprovação da RN 482/2012 pela ANEEL. Para a geração de energia solar distribuída, este sistema é agora mais crucial do que nunca. Na sua versão inicial só poderia operar com unidades geradoras de até 1 MW. Em 2015, o limite foi aumentado para 5 MW para todas as outras fontes qualificadas e 3 MW para fontes hídricas em 2015. A modificação de 2015 também incluiu novas modalidades de compensação como geração compartilhada, geração a distância e compensação de múltiplas unidades consumidoras (condomínios) (RN 687). [3]

Foi lançada pela ANEEL em maio de 2018 a consulta pública para a próxima revisão, prevista para o final de 2019. De acordo com a sugestão feita pela ANEEL em 6 de dezembro 2018, a atual avaliação, que foca principalmente nos mecanismos de compensação financeira dos sistemas de GD, pode reduzir os descontos para energia injetada em até 63%. Fortes divergências sobre a avaliação da norma e a descontinuação dos subsídios fizeram com que a aprovação final do regulamento fosse adiada em favor de um prazo maior para contribuições. Os principais obstáculos para a GD usando energia fotovoltaica no passado eram a incapacidade de obter financiamento e a cobrança de impostos (ICMS) sobre a eletricidade que essas unidades injetam à rede. Todos os 27 estados brasileiros adotaram a isenção de ICMS para GD até 1 MW.[3]

Apesar de ter sido lançado em 2012, mas foi somente em 2016 que começou a apresentar resultados efetivos. O aumento considerável das tarifas de energia a partir de 2015, juntamente com uma queda acentuada no preço dos equipamentos solares e as melhorias na regulação, ajudaram a tornar os projetos fotovoltaicos mais economicamente viáveis. [3]

Mais de 2 bilhões de reais foram investidos em micro e minigeração distribuída em 2018. Mesmo com as futuras alterações regulatórias, a EPE projeta um crescimento de GD de aproximadamente 11 GW até 2029, equivalente a 2,3% da carga total do país. O principal motivo para as alterações do regulamento é o aprimoramento do modelo de compensação de crédito, que atualmente permite que a energia injetada no sistema seja totalmente recuperada sem o pagamento da tarifa de uso do sistema de distribuição. Ao fazer isso, os demais usuários do sistema elétrico que não utilizam DG acabam arcando com os demais custos do sistema. [3]

Mesmo com essas futuras mudanças na regulamentação, pode-se considerar outros benefícios que diminui seus efeitos nos custos de energia. Por exemplo, o fato de o valor injetado atender à taxa de disponibilidade, de as unidades com direitos adquiridos não serem mais tributadas duas vezes e de a tarifa do fio B (TUSD) incidir apenas sobre o consumo ativo da unidade. As unidades que possuem créditos em conta de contrato poderão transferir esses créditos para outras unidades de mesma titularidade, o que impulsionará a economia. Outra característica é que as concessionárias e permissionárias de energia serão responsáveis pelo pagamento de quaisquer custos associados ao reforço ou melhoria do sistema de distribuição exclusivamente em função da conexão da microgeração. Em resumo, a principal diferença para o consumidor final será o tempo de retorno do investimento, que irá variar de acordo com o perfil de consumo da unidade.[7]

III. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste artigo teve como parâmetro inicial a pesquisa e revisão bibliográfica em fontes primárias: artigos, revistas, dissertações, monografias e teses. Nesta etapa, foram obtidos dados bibliográficos do conteúdo, bem como a aquisição de conhecimentos das características da região em estudo.

Para a realização desse artigo se faz necessário estimar o potencial de geração de energia elétrica de toda área de estudo desejada, que estão situadas em diferentes zonas da cidade de Mossoró-RN. Logo, foi utilizado os bancos de dados de irradiação solar atualmente disponíveis e as ferramentas de simulação, a fim de verificar a influência do clima e irradiação solar sobre o desempenho do sistema fotovoltaico.

Com isso o artigo foi desenvolvido em cinco etapas:

- Levantamento de dados de radiação solar para localidade;
- Estudo da área de cobertura para cada edificação escolhida;
- Análise qualitativa das sombras;
- Cálculo da produção e economia de energia elétrica para cada edificação;

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Levantamento de dados de irradiação solar

Para realização desta etapa do trabalho, foram utilizados os dados obtidos através do *software* Radasol, onde foram extraídos os valores de irradiação para uma média diária mensal e média diária anual. Devido à variedade de orientações e posições dos telhados das edificações, foi adotado um desvio azimutal de 0° para a orientação norte, considerando uma inclinação média de 20° para telhados convencionais (telha colonial). O gráfico 1 e a tabela 1 mostra os valores de irradiação solar para a região de Mossoró. Logo, pode-se estimar que a irradiação solar média anual diária para a orientação norte é de 5,05 kWh/m²/dia.

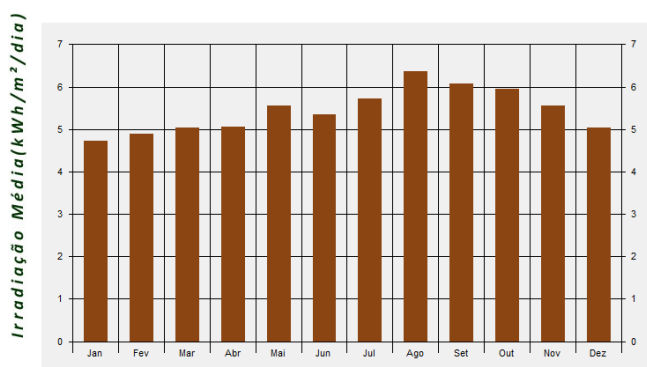


Gráfico 1 – Níveis de irradiação solar mensais para Mossoró-RN [Adaptado de Radiasol, 2022].

Irradiação Média (kWh/m ² /dia)				
Mês	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	5,38	2,3	2,3	4,63
2	5,35	2,41	2,47	4,91
3	5,07	2,22	2,81	5,05
4	4,8	2,4	2,67	5,09
5	4,99	3,15	2,39	5,56
6	4,66	3,04	2,27	5,33
7	5,05	3,4	2,3	5,73
8	5,88	4,18	2,14	6,36
9	6,02	3,59	2,47	6,09
10	6,38	3,61	2,29	5,93
11	6,38	3,3	2,2	5,53
12	5,91	2,57	2,42	5,02

Tabela 1 - Valores de irradiação solar mensais para Mossoró-RN [Adaptado de Radiasol, 2022].

B. Estudo da área de cobertura para cada edificação escolhida

Para se identificar a área de cobertura das edificações a ser utilizada para análise de geração, fez-se necessário identificar inicialmente cada escola municipal da cidade de Mossoró-RN. Foi utilizado o Google Maps, sendo assim possível listar num total de 18 (dezoito) escolas municipais dentro do perímetro urbano de Mossoró, conforme a figura 3.

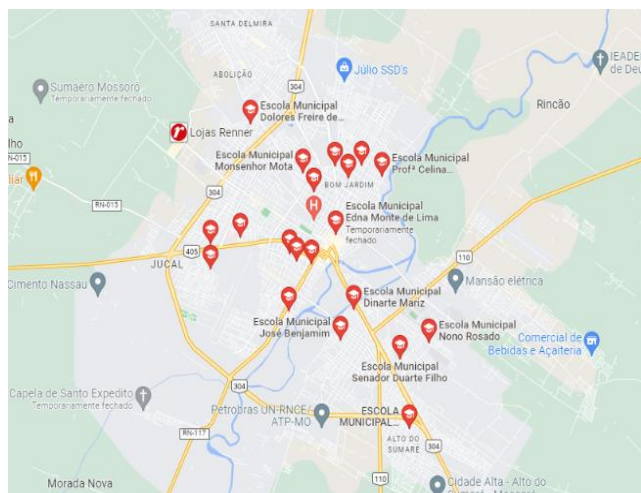


Figura 3 - Mapa contendo todas as escolas municipais da cidade de Mossoró-RN [Adaptado de Google Maps, 2022].

Com todas as escolas identificadas, utilizando-se do *software* AutoCAD foi possível realizar o cálculo estimativo da área de cobertura disponível em cada escola. Utilizando somente as coberturas convencionais de cerâmica sem considerar coberturas de ginásios, fachadas, estacionamentos, etc. Totalizando 12.261,75 m² de cobertura disponível para instalação de sistema fotovoltaico em todas as escolas municipais de Mossoró-RN, como mostra da figura 4.

No entanto, após encontrada a área útil dos telhados, foi aplicado um fator de 80%. Pois na estimativa citada acima não foram consideradas as restrições de construções, separações entre os painéis, áreas já ocupadas por outros elementos da edificação, relação entre área disponível e a área dos painéis, etc. Com isso tornando a área útil dos telhados em torno de 9.809,4 m².

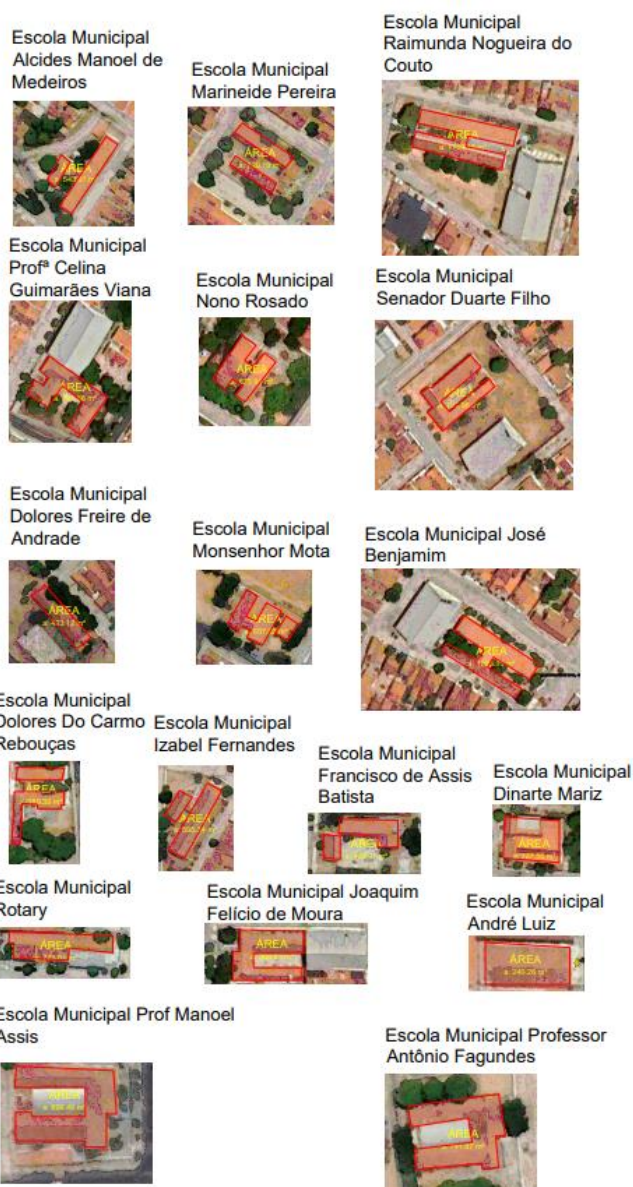


Figura 3 – Estimativa de área disponível de cobertura em todas as escolas municipais de Mossoró-RN [Autoria própria].

C. Análise qualitativa de sombreamento

As edificações não possuem sombras acarretadas por outras construções e edificações em seu entorno. As sombras que podem ser geradas são decorrentes da volumetria e de elementos construtivos constituintes da própria cobertura ou de alguma vegetação. Esses elementos podem ser modificados ou o projeto pode ser adaptado no decorrer da sua execução.

D. Cálculo da produção e economia de energia elétrica

A partir dos dados obtidos de área do sistema e irradiação solar, utiliza-se o método da Insolação para estimar a geração de energia solar fotovoltaica, de acordo com a equação 1.

$$G = A * \eta_{\text{painel}} * H_{\text{plano}} * n * \eta_{\text{sist}} \quad (1)$$

Onde,

G = Geração mensal (kWh/mês);

A = Área útil dos módulos ou da cobertura em análise;

η_{painel} = Eficiência dos módulos fotovoltaicos (%);

H_{plano} = Irradiação média no plano inclinado;

n = Número de dias no mês;

η_{sist} = Rendimento do sistema (%).

O cálculo foi realizado a fim de verificar o potencial de geração de energia, considerando o percentual de 80% de área útil da cobertura já citado anteriormente. Para a eficiência dos módulos foi considerado o valor de 20,4%, recorrente de um modelo adotado existente no mercado (CANADIAN CS3W-450MS). Os resultados podem ser encontrados na tabela 2 e no gráfico 2.

Estimativa de Geração Solar Fotovoltaica							Tarifa de R\$0,85/kWh
Mês	Irradiação (kWh/m²/dia)	Área Sistema (m²)	Dias/ mês	Eficiência do Módulo	Eficiência do Sistema	Energia Gerada (kWh/mês)	Valor em R\$
jan	4,63	9.809,40	31	20,40%	80,00%	229.776,33	R\$ 183.821,06
fev	4,91	9.809,40	28	20,40%	80,00%	220.090,92	R\$ 176.072,73
mar	5,05	9.809,40	31	20,40%	80,00%	250.619,97	R\$ 200.495,97
abr	5,09	9.809,40	30	20,40%	80,00%	244.456,53	R\$ 195.565,22
mai	5,56	9.809,40	31	20,40%	80,00%	275.930,10	R\$ 220.744,08
jun	5,33	9.809,40	30	20,40%	80,00%	255.982,96	R\$ 204.786,37
jul	5,73	9.809,40	31	20,40%	80,00%	284.366,82	R\$ 227.493,45
ago	6,36	9.809,40	31	20,40%	80,00%	315.632,28	R\$ 252.505,82
set	6,09	9.809,40	30	20,40%	80,00%	292.483,35	R\$ 233.986,68
out	5,93	9.809,40	31	20,40%	80,00%	294.292,36	R\$ 235.433,89
nov	5,53	9.809,40	30	20,40%	80,00%	265.588,33	R\$ 212.470,66
dez	5,02	9.809,40	31	20,40%	80,00%	249.131,14	R\$ 199.304,91
TOTAL						3.178.351,07	R\$ 2.542.680,90

Tabela 2 - Estimativa de geração solar fotovoltaica [Autoria própria].

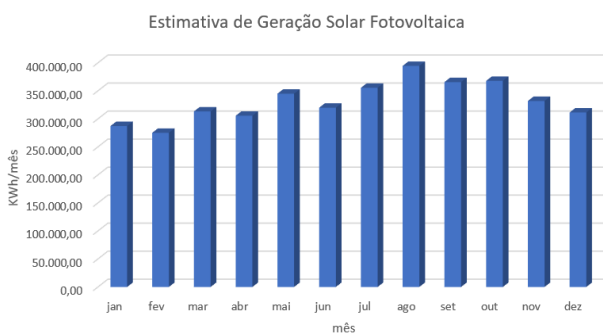


Gráfico 2 – Estimativa de geração solar fotovoltaica [Autoria própria].

De acordo com os dados coletados e aplicando a equação 1, a tabela 2 mostra a energia elétrica que poderia ser gerada se todas as coberturas fossem instalados os painéis fotovoltaicos do modelo citado acima, estima-se algo em torno de 3.178,3 MWh/ano de potencial de geração elétrica, sendo necessários 4.458 módulos fotovoltaico.

Ainda na tabela 2, com base nos valores cobrados pela COSERN (Companhia Energética do Rio grande do Norte), foi aplicado um valor de tarifa por kWh de R\$ 0,85. Que gerou um valor de produção energética aproximadamente de R\$ 2.542.680,9 por ano. Onde esse valor pode ser convertido em economia no custo sobre a utilização de eletricidade proveniente da rede elétrica da concessionária.

Ainda que as escolas não necessitem dessa quantidade de produção energética, o excedente à necessidade total das escolas será acumulado como créditos energéticos, podendo transferir esses créditos para outras unidades consumidoras do município, assim fazendo a utilização de toda produção.

V. CONCLUSÕES

O Brasil é um país que tem potencial significativo para a geração de energia fotovoltaica. Aos poucos mesmo de forma principiante, algumas usinas fotovoltaicas foram instaladas pelo país, por iniciativa das principais companhias de geração de energia elétrica. Ultimamente as usinas fotovoltaicas ganharam mais espaço em pequenos projetos na modalidade de geração distribuída, aos poucos, a energia solar fotovoltaica foi sendo inserida na matriz elétrica do país, mesmo que, ainda não disponha de incentivos adequados e mecanismos financeiros para o seu fomento.

Este trabalho teve como objetivo levantar o potencial de geração de energia elétrica fotovoltaica em todas as escolas municipais de Mossoró-RN. Para isso, foi estimada a área das coberturas e aplicados fatores de utilização e de orientação. Foi realizado também um estudo da irradiação local e considerando possíveis sombreamentos.

Os resultados obtidos utilizando da metodologia apresentada indicaram uma capacidade de geração anual de 3.178,3 MWh na área de estudo analisada, considerando o fator de utilização de 80%. Este valor teria um impacto econômico de R\$ 2.542.680,9 por ano, podendo gerar uma economia significativa para o município. No entanto, para uma melhor avaliação, sugere-se para estudos futuros, um levantamento de dados de consumo reais das escolas e uma análises da viabilidade econômica por meio de um *payback*.

REFERÊNCIAS

- [1] COSTA, Douglas Aurélio Carvalho. **ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA DO CAMPUS DO PICI DA UFC**. 2018. 151 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: file:///F:/UFERSA/Eng.%20Eletrica/TCC/referencial/2018_dis_daccosta.pdf. Acesso em: 11 ago. 2022.

- [2] ROCHA, Ludymilla. **Reajuste de energia foram em média 17,75% até abril, contra alta de 6,68% em 2021.** Disponível em: encurtador.com.br/dDM49. Acesso em: 11 ago. 2022.
- [3] INSTITUTO E+ TRANSIÇÃO ENERGÉTICA (2019): **Panorama do Sistema Elétrico Brasileiro.** Rio de Janeiro/RJ – Brasil.
- [4] REVISTA O SETOR ELÉTRICO. **2022: o melhor ano da energia solar no Brasil.** Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/2022-o-melhor-ano-da-energia-solar-no-brasil/>. Acesso em: 03 out. 2022
- [5] PINHEIRO, Elisângela *et al.* AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM DIFERENTES CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA MATRIZ ELÉTRICA BRASILEIRA. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 5., 2014, Recife. **Anais [...]**. Recife. 2014.
- [6] PINHO, J. T.; GALDINO, M. A.. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. CEPEL-CRESESB. Rio de Janeiro, 2014. 529 p.
- [7] OLIVEIRA, Monallisa Fernandes Bezerra de. **Impactos ocasionados ao setor de microgeração distribuída após a aprovação da Lei 14.300/22.** 2022. 10 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Eletrica, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mos
- [8] SIGNORINI, Vanessa Büttow *et al.* Análise do potencial de geração de energia solar fotovoltaica em um sistema integrado à edificação e interligado à rede - estudo de caso no prédio administrativo do campus porto da UFPEL. **Revista de Arquitetura da Imed**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 10, p. 108-117, jun. 2014.
- [9] VIANA, Trajano de Souza. **POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA COM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COM CONCENTRADOR NO BRASIL.** 2010. 134 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: [file:///F:/UFERSA/Eng.%20Eletrica/TCC/referencial/POTENCIAL%20DE%20GERA%C3%87%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20EL%C3%89TRICA%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS%20COM%20CONCENTRADOR%20NO%20BRASIL.p](file:///F:/UFERSA/Eng.%20Eletrica/TCC/referencial/POTENCIAL%20DE%20GERA%C3%87%C3%83O%20DE%20ENERGIA%20EL%C3%89TRICA%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS%20COM%20CONCENTRADOR%20NO%20BRASIL.pdf)df. Acesso em: 14 set. 2022.
- [10] LIMA, Angélica Duarte; KREZNINGER, Arno. ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA RESIDENCIAL PARA BAIRROS DE PORTO ALEGRE. **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar.** Fortaleza, p. 1-8. 01 maio 2020. Disponível em: file:///F:/UFERSA/Eng.%20Eletrica/TCC/referencial/VIIICBENS_artigo_0786.pdf. Acesso em: 11 ago. 2022
- [11] EPE. **Relatório Síntese 2022.** Rio de Janeiro: Epe, 2022. Disponível em: <file:///F:/UFERSA/Eng.%20Eletrica/TCC/referencial/EPE%20-%202021.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2022
- [12] AVERLAN, Murilo Souza. **MAPEAMENTO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA NO ESTADO DE SANTA CATARINA.** 2019. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis, 2019
- [13] MITSUHASHI, Bruno Shingo. **ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM TELHADOS COM IMAGENS OBTIDAS POR AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS - RPA - REMOTELY PILOTED AIRCRAFT - UM ESTUDO DE CASO.** 2019. 43 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2019.