



Artigo

Árvore solar fotovoltaica: uma proposta técnica para implantação em ambientes públicos na cidade de Mossoró - RN

Daniel C. C. Crisóstomo ^[1], Isaac B. T. Silva ^[2], Rafael M. Vieira ^[3], Adriano A. F. Moura ^[4]

^[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; daniel.crisostomo@ufersa.edu.br

^[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; isaac.barros@ufersa.edu.br

^[3] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; rafael.vieira@alunos.ufersa.edu.br

^[4] Universidade Federal Rural do Semi-Árido; adrianoaron@ufersa.edu.br

Recebido: 14/09/2022;

Aceito: 21/12/2022;

Publicado: 23/12/2022.

Resumo: A energia solar fotovoltaica tem sido nos últimos anos, protagonista nos números de crescimento relativo em termos de geração de energia elétrica conectada à rede. No Brasil, seguindo esta tendência, já apresenta números relevantes de inserção desta forma de energia na sua matriz, cumprindo com seu objetivo de diversificá-la. A popularização da energia solar fotovoltaica tem ocorrido na forma de incentivos fiscais governamentais que objetivam a aquisição de micro usinas geradoras para grandes e pequenas empresas, além de pessoas físicas. Este trabalho objetiva apresentar um projeto que torne acessível o uso e o conhecimento da energia solar fotovoltaica, através de uma abordagem elétrica-arquitetônica na forma de uma árvore solar, localizada em ambiente público na cidade de Mossoró/RN.

Palavras-chave: Energia solar, Árvore solar, tecnologia

Abstract: In recent years, photovoltaic solar energy has been the protagonist in the numbers of growth in terms of electricity generation connected to the grid. In Brazil, following this trend, it already considers it important to insert this form of energy in its matrix, fulfilling its objective of diversifying it. The popularization of photovoltaic solar energy has occurred in the form of government tax incentives aimed at the acquisition of micro generating plants for large and small companies, as well as individuals. This work aims to present a project that makes the use and knowledge of photovoltaic solar energy accessible, through an electrical-architectural approach in the form of a solar tree, located in a public environment in the city of Mossoró / RN.

Key-words: Solar power, Solar tree, technology.

1. INTRODUÇÃO

Em tempos atuais e de forma cada vez mais contundente, finalmente, é possível referir-se à energia solar fotovoltaica como uma alternativa energética para o suprir o também crescente consumo de energia elétrica no Brasil. O Sol é caracterizado como a fundamental fonte de energia para a Terra, além do que, a radiação solar traduz-se numa infinita fonte energética, existindo assim um gigantesco potencial para seu aproveitamento através de conversão e retenção de energia, como a elétrica [1]. Dito isto, a energia solar fotovoltaica é a energia conseguida a partir da conversão direta da luz do sol em eletricidade, conhecido como o efeito fotovoltaico, onde a célula fotovoltaica é um aparato produzido com material semicondutor, que é a unidade essencial desse método de conversão [2].

O Brasil é detentor de um território que abriga altos índices de irradiação solar, principalmente quando comparado com países localizados no continente europeu, onde a tecnologia fotovoltaica é difundida para a geração de energia elétrica. No ano de 2017 o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE publicou o Atlas Brasileiro de Energia Solar que dispõe os dados, em termos de valores, médios anuais da irradiação solar no Brasil (Figura 1).

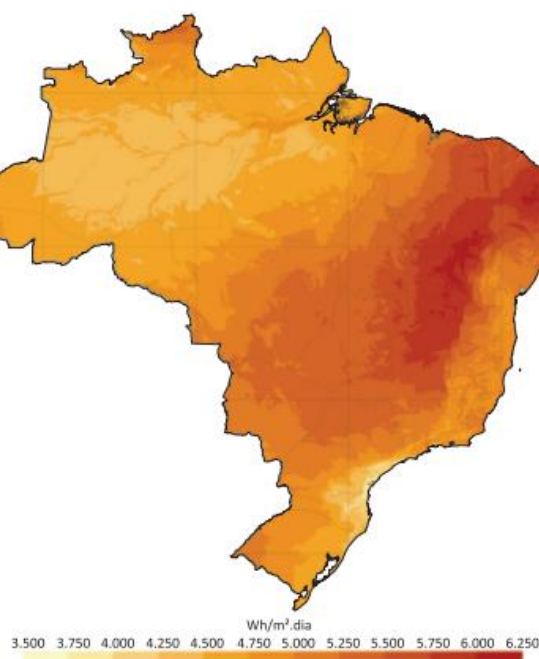


FIGURA 1: Total diário de irradiação no plano inclinado na latitude – média anual [3].

A partir desse estudo, fica evidente que a região Nordeste é a que detém as melhores características, exibindo assim, o maior nível de irradiação no plano inclinado média anual de 5,52 kWh/m².dia) e uma das menores taxas de variabilidade interanual durante o ano, na qual, irradiação no plano inclinado se trata da taxa de energia total por unidade de área incidente sobre um plano inclinado na latitude do local em relação à superfície da Terra [3]. Dessa maneira, pode-se entender que as cidades próximas a linha do Equador têm vantagem no aproveitamento deste tipo de energia. Mossoró, localizada no Rio Grande do Norte, têm essas características que a põem como um importante expoente no potencial de uso de placas fotovoltaicas para geração de energia elétrica.

Entendendo os raios solares como ondas eletromagnéticas paralelas que chegam à Terra (modelo aproximado), ressalta-se a importância da localização de um determinado local no aproveitamento desse recurso, como ilustrado na Figura 2:

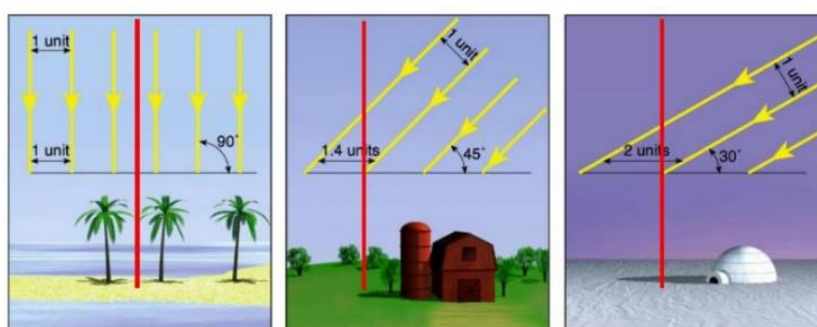


FIGURA 2. Irradiação x latitude [4].

Nestes termos, têm-se o Brasil como um país muito bem localizado em termos de absorção de irradiação solar (como foi dito anteriormente), fazendo referência clara ao maior fotoperíodo possível, pois a disponibilidade do recurso solar está intrinsecamente relacionada à conceitos astronômicos, como a posição relativa entre o Sol e uma dada localidade na Terra. Duração dos dias (fotoperíodo) e quantidade de energia incidente em um local são variantes dessa situação.

De maneira geral, ou seja, levando em conta a geração centralizada e a distribuída, em 2021 a região Nordeste do Brasil liderava com aproximadamente 38% da capacidade instalada fotovoltaica, proveniente do predomínio de projetos centralizados nesta região. E mais especificamente, dentro desses 38% que representam

a capacidade instalada fotovoltaica, o estado do Rio Grande do Norte ocupava uma parcela de aproximadamente 2,6% desse total. Atualmente esse cenário não deve ter sido alterado, em relação a liderança da região nordeste por conta dos constantes investimentos na região e do acesso facilitado a esse tipo de geração de energia em 2022, além da continua expansão desse ramo no mercado mundial.

A Companhia Energética do Rio Grande do Norte (COSERN), empresa distribuidora que atende a cidade de Mossoró, possui hoje 29276 unidades consumidoras que tem usinas de microgeração gerando energia de forma distribuída, em um total de 291.797,50 kW [5]. Sob perspectiva de popularizar o uso desta forma de geração de energia através do lúdico, eficiente, tecnológico e sustentável, este trabalho objetiva apresentar uma proposta de projeto de árvore solar a ser implantada em espaços públicos na cidade de Mossoró.

2. ÁRVORE SOLAR: UMA ALTERNATIVA EFICIENTE E ARQUITETÔNICA

De certa maneira, a tecnologia fotovoltaica exibe uma certa carência no quesito estético, pois é basicamente limitado a cor preta ou azul do modulo fotovoltaico; além disso, necessita de uma área considerável e que seja plana para realizar a instalação do sistema solar [6]. Em virtude disso, as árvores solares desenvolvem um processo que combina de forma integrada, o esforço técnico e tecnologia moderna, para conceber uma forma avançada de gerar eletricidade a partir da energia solar, contribuindo também no conforto humano, pois a sombra produzida tem um impacto considerável na bem-estar térmico das pessoas ao redor [7]. O fato da conversão direta da luz do Sol produzir eletricidade, além da geração de energia limpa e facilidade no uso, as árvores solares são formalmente reconhecidas como uma fonte extremamente viável de energia [8][9]. Ao comparar o sistema em questão, com o sistema solar fotovoltaico plano, fica evidente que as estruturas que compõem as árvores solares utilizam cerca de 1% da superfície e elevam a eficiência de 10% a 15%, além de fornecer um design único com alturas variáveis [10][11]. Os sistemas de árvores solares, podem ser considerados singulares, pois são elaborados para auxiliar diversas pessoas em diferentes ambientes urbanos e também naturais, podendo gerar mais de 10% de energia elétrica quando comparado com um sistema fotovoltaico plano, ou seja, tradicional [12][13].

Neste trabalho, entende-se como árvore solar, o conjunto de equipamentos, de forma fixa, que compõem de forma instalada em estrutura metálica, placas fotovoltaicas que captarão energia e disponibilização ainda nessa estrutura, pontos de energia. Tudo, com objetivo de ter layout de árvore. [14] diz que o conceito de que árvores solares são capazes de endereçar resolver os problemas a ela desafiados de forma efetiva e com elegância. [15] incrementa como uma árvore artificial geradora de energia elétrica através do Sol, que tem performance similar aos sistemas convencionais. Ou seja, exibe em sua composição uma mistura de tecnologia moderna e arte para agregar estética as cidades, abordando um cunho tecnológico ecologicamente correto.

A utilização de árvores solares no mundo, para a geração de energia não é novidade. A Figura 3 ilustra dois casos, o primeiro no Ceará, e o segundo, no Rio Grande do Sul.

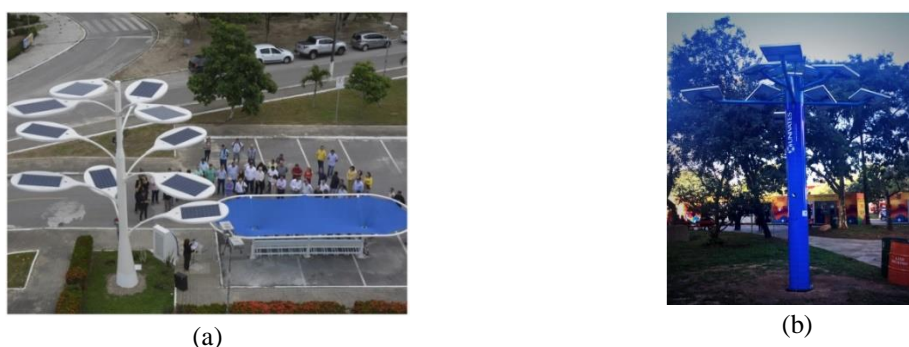


FIGURA 3: Árvores solares (a) Ceará (b) Rio Grande do Sul [16].

Podem ser consideradas vantagens do uso da árvore solar [16]:

- Economia de espaço para a geração de energia, sendo possível a instalação de geradores fotovoltaicos em locais que não seria aplicável painéis convencionais. Pode servir como ponto de encontro comunitário com pontos de internet sem fio, carregador de dispositivos móveis e colocação de painéis digitais.

- Ganhos arquitetônicos e ecológicos ao projeto, servindo como um importante objeto para a educação e incentivo da comunidade acerca da geração de energia solar fotovoltaica.

Em contraponto, pode-se citar como desvantagens [16]:

- Custo pode ser mais elevado devido ao uso de materiais como aço ou ferro para a fabricação e modelagem do tronco que sustentará os painéis;
- Eventuais danos à aves e insetos e também para a visão humana, devido ao reflexo provocado pelas placas;
- Dependendo do modelo, podem haver perdas significativas de eficiência devido ao efeito de sombreamento e diferentes orientações dos módulos.

Usar protótipos de árvore solar na idéia de compor paisagem de ambientes públicos surge como uma alternativa onde há benefícios sob diversos pontos de vista. Em particular, a proposta de inserção de um modelo da árvore em praças públicas em Mossoró é salutar, se considerar um importante documento que norteia as diretrizes de desenvolvimento da cidade: o Plano Diretor do município de Mossoró/RN. Instituído pela lei complementar N° 012/2006, o documento atende o artigo 182 da Constituição Federal, do Capítulo III da Lei Federal n° 10.257, de 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade – e do art. 56, inciso IX da Lei Orgânica do Município de Mossoró. Este, é o instrumento básico da política de expansão urbana e desenvolvimento social, econômico e ambiental, determinante para os agentes públicos e privados que atuam no Município [17].

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta sessão abordará toda a metodologia presente no objetivo de realizar o projeto de árvore solar a ser alocado em espaço público na cidade de Mossoró – RN. Do ponto de vista técnico, serão respeitados os critérios¹:

- Altura mínima de 3 metros da base até os módulos
- On-grid
- Potência de 2,5 a 3,3 kWp;
- Indicação de parâmetros para redução de perdas;
- Chamar atenção da comunidade local sobre a utilização de fontes de energia limpa.
- Selo procel nos equipamentos;
- Certificação IEC 61730;
- Certificação IEC 61215;

Para isso, serão respeitadas e referenciadas as seguintes normas:

- DIS-NOR-031 – Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição – REV 01 [18].
- ABNT -NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão [19].
- ABNT -NBR 5419 – Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas [20];
- NBR 16690 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos [21].
- Serão utilizados dois softwares em especial para o desenvolvimento do projeto, em duas frentes:
- Solarius PV - desenvolvido pela ACCA softwares.
- Sketchup – desenvolvido pela Trimble.

Dito isto, em considerando a cidade de Mossoró como de boa localização no que se refere à incidência de

¹ Os critérios utilizados para a proposta da árvore seguem argumentos técnicos e arquitetônicos: o primeiro, limitando a potência ao uso destinado a carregadores de celular e iluminação; e o segundo, considerando harmonização com o ambiente e custo benefício de materiais estruturais.

raios solares a serem aproveitados como energia, além de pólo de desenvolvimento, são destacados, do Plano Diretor, os seguintes trechos que subsidiam a argumentação pró investimento na instauração de árvores solares nos ambientes públicos [17]:

- Art. 4º. VIII – princípio da sustentabilidade ambiental
- Art. 4º. VIII – princípio da identidade arquitetônica, histórica, cultural e natural.
- Art. 10º - Sustentabilidade urbana é o desenvolvimento local socialmente justo, ambientalmente equilibrado e economicamente viável, visando garantir qualidade de vida para as presentes e futuras gerações.
- Art. 14º - IV – desenvolver programas de trabalho, por meio de ações coordenadas entre o poder público e a iniciativa privada, inclusive com estímulo ao desenvolvimento científico e tecnológico.
- Art. 15º - III – estimular a manutenção e ampliação das atividades industriais e de outras a elas associadas;
- Art. 15º - III – atrair novos setores produtivos para o Município

4.1. Dimensionamento

O sistema de geração fotovoltaico será conectado à rede de distribuição de eletricidade, e contém os seguintes dados de localização [22]:

TABELA 1. Dados de localização.

<i>Dados de localização</i>	
Localidade:	Mossoró
Latitude:	5° 11' 17''
Longitude:	37° 20' 39''
Altitude:	20 m

Média de radiação solar diária por mês no plano horizontal (kWh/m²)

TABELA 2. Média de radiação [23]

Janeiro	5,79
Fevereiro	5,90
Março	6,07
Abril	5,68
Maiο	5,29
Junho	4,90
Julho	5,24
Agosto	5,75
Setembro	6,02
Outubro	6,02
Novembro	6,05
Dezembro	5,71

Portanto, os valores de radiação solar anual no plano horizontal são 2 073.23 kWh/m².

Em termos de dimensionamento, a quantidade de energia produzível é calculada com base nos dados radiométricos, conforme a fonte ATLAS BRASILEIRO, o Atlas Solarmétrico do Brasil – 2017 e o *SUNDATA*, e utilizando os métodos de cálculo descritos nas normas. As instalações atenderão às seguintes condições (a serem executadas para cada "gerador solar", entendida como um conjunto de módulos fotovoltaicos com o mesmo ângulo e a mesma orientação): na fase inicial do sistema fotovoltaico, a relação entre a energia ou a

potência produzida em corrente alternada e a energia ou a potência produzível em corrente alternada (determinada em função da radiação solar incidente sobre o plano de um dos módulos, da potência nominal do sistema e a temperatura de funcionamento dos módulos) é, pelo menos, maior do que 0,78, no caso de utilização de conversores de potência até 20 kW, e 0,8 no caso de utilização de inversores de maior potência, em relação às condições de medição e métodos de cálculo descritos no Guia EN 60904-2. Não são admitidos conjuntos de módulos em paralelos não perfeitamente idênticos uns aos outros para exposição e / ou da marca, e / ou o modelo e / ou o número e módulos utilizados; cada módulo será equipado com díodos de *by-pass*.

O sistema, identificado como "Árvore Solar", é um tipo de sistema ligado à rede e está ligado à rede principal com uma conexão de tipo monofásica em baixa tensão". Sua potência nominal é de 2.970 kW e uma produção anual de energia de 4 630.44 kWh (igual a 1 559.07 kWh/kW), resultante de 9 módulos, com uma superfície de 17.54 m², e consiste em 1 gerador. A estimativa de geração é mostrada na Figura 4:

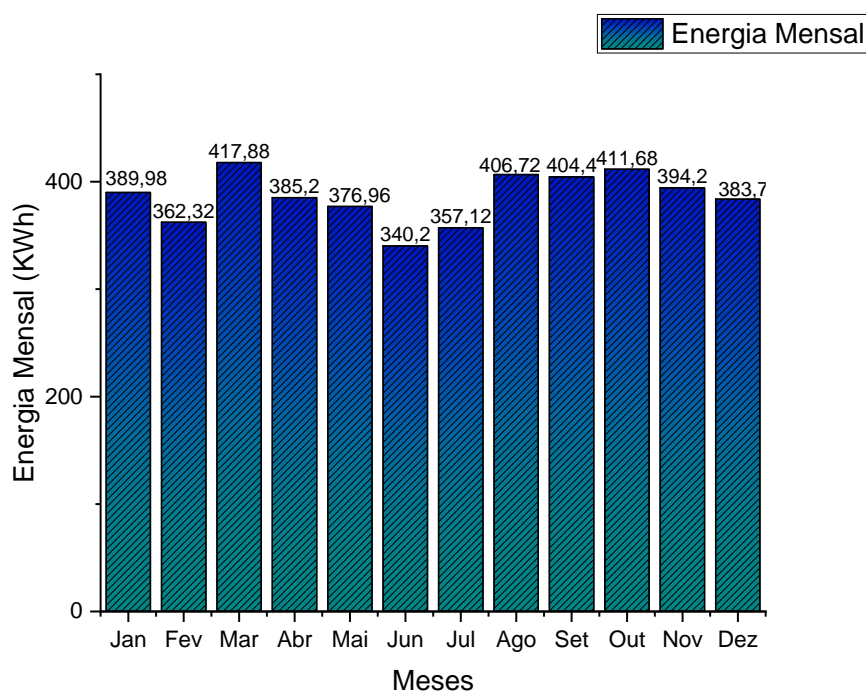
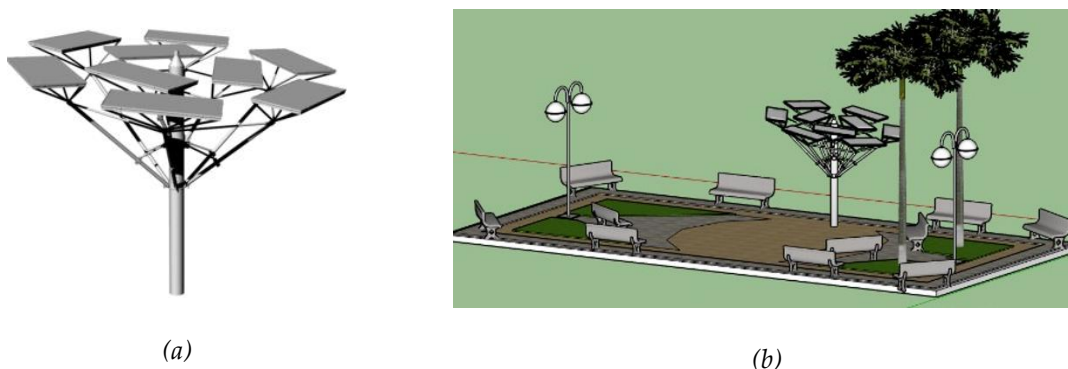


FIGURA 4: Energia gerada mensal (Autoria própria).

4.2. Desenho da usina

O desenho da Usina é mostrado na Figura 5:





(c)

FIGURA 5: Layout da árvore solar proposta (Autoria própria).

As especificações do sistema são apresentadas na Tabela 3:

TABELA 3. Especificação do sistema [24] [25]

Superfície total utilizada	17,52 m ²
Potência total	2,97 kW
Módulo	BYD 330PHK-36
Número total de módulos	9
Inversor	CANADIAN CSI-3K-TL
Número Total	1
Tipo de fase	Monofásico

O diagrama de blocos é apresentado na Figura 6:

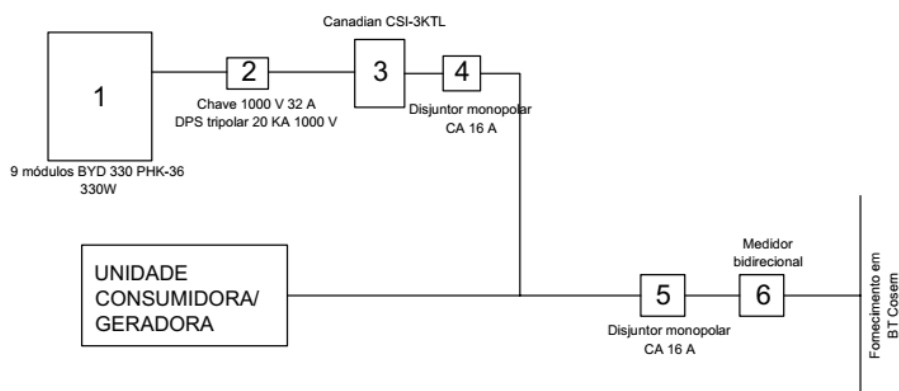


FIGURA 6: Diagrama unifilar (Autoria própria).

É previsto o isolamento galvânico entre a corrente contínua do sistema fotovoltaico e a rede. Soluções técnicas diversas podem ser utilizadas e são aceitáveis desde que respeitem as normas vigentes e de boas práticas. O sistema fotovoltaico será atendido por um sistema IT, sem o polo aterrado. Os conjuntos dos módulos serão apresentados pelo número de módulos fotovoltaicos individualmente desligáveis; o sistema possui diodos

de bloqueio e proteção contra surtos. Por razões de segurança, se alguma parte da rede não suportar uma maior intensidade de corrente, esses sistemas devem ser protegidos individualmente. A estrutura de suporte será aterrada.

Para fins de layout que inclui as ligações do sistema fotovoltaico, são detalhados na Figura 7, com destaque a sugestão de construção de uma edificação que comporte os itens a serem protegidos de intempéries como raios solares, poeira e chuva, como os quadros com dispositivos de proteção, o inversor e o medidor.

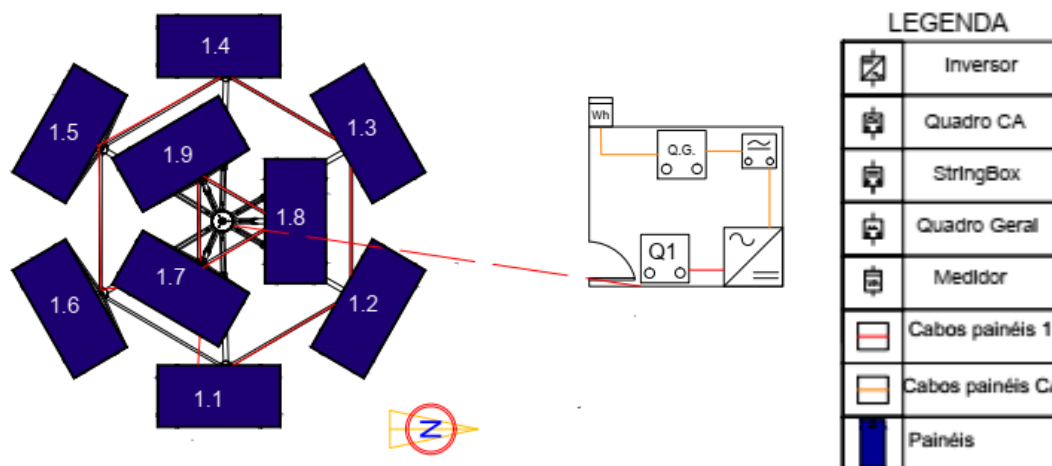


FIGURA 7: Ligações da árvore (Autoria própria).

4.3. Requisitos de segurança

- Este item tem por objetivo apresentar os requisitos de segurança do projeto em consonância com a norma DIS-NOR-031 – Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição – REV 01.
- Apresenta dispositivo de proteção interno ao inversor, com medição de isolamento CC, mudança do ponto de operação e limitação em caso de sobrecarga e disjuntor CC.
- Apresenta sistema anti-ilhamento segundo a ABNT NBR IEC 62116:2012 testado e aprovado pelo INMETRO.
- Sinalização de segurança: Deverá ser instalado no ponto de conexão, junto ao padrão de entrada, sinalização indicativa da existência na unidade consumidora de geração própria através de placa de advertência com os seguintes dizeres: “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA”

5. CONCLUSÕES

A proposta de trazer aos ambientes públicos da cidade de Mossoró um projeto de árvore solar contempla objetivos que vão desde àqueles descritos no seu plano diretor, com destaque para a inovação tecnológica, bem como o caráter informativo sobre a energia solar fotovoltaica, estando, portanto, acessível à todos os cidadãos. Traz consigo as possibilidades de financiamento público, por estar dentro do que preconiza o plano de desenvolvimento da cidade, bem como a possibilidade de fomento de recursos privados, através de empresas do segmento de energia solar fotovoltaica que possa se utilizar do projeto para propaganda de sua marca. Uma outra alternativa, é a participação dos projetos de eficiência das distribuidoras locais. Sob o ponto de vista arquitetônico, o projeto em sua concepção buscou estabelecer uma relação entre o natural e o artificial, considerando como partido arquitetônico os galhos das árvores que se ramificam proporcionalmente, mas sem

perder sua característica tecnológica. A distribuição radial das placas solares tem como propósito a absorver o máximo de luz solar além de proporcionar sombra, assim como uma árvore natural. Em sua base possui uma estrutura feita em carretel de fio com um banco, e mesa acessíveis para carregamento de smartphone uso de *wi-fi*. Em termos de objetivos específicos, preconiza: máxima eficiência em na geração de energia, espaço para descanso com uso de internet Wi-Fi e carregamento de eletrônicos. Montagem modular de forma prática e rápida.

REFERÊNCIAS

- [1] CRESSEB-CEPEL, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Grupo de Trabalho de EnergiaSolar. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos / Rio de Janeiro, CRESEB, 2014.
- [2] PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antônio (organizadores). **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – Cresesb. Rio de Janeiro-RJ, 2014, 529p.
- [3] PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 88 p. Disponível em: < http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html >. Acesso em: 08 jul. 2022.
- [4] TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Energia renovável: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016.
- [5] ANEEL. **Unidades consumidoras com geração distribuída**. 2020. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Distribuidora.asp>. Acesso em: 6 set. 2022.
- [6] Pemula, P.D., 2017. An architectural approach for improving aesthetics of PV. 110265 (September), 110493.
- [7] de Abreu-Harbach, L.V., Labaki, L.C., Matzarakis, A., 2015. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. *Landsc. Urban Plan.* 138, 99–109. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008>.
- [8] Hyder, F., Baredar, P., Sudhakar, K., 2018a. A novel sun tracking technique through a solar PV tree and a smart controller. In: Proc. 4th Int. Conf. Electr. Energy Syst. ICEES 2018. pp. 407–411. <http://dx.doi.org/10.1109/ICEES.2018.8443263>.
- [9] Kumar, M., Rana, L., Pattnaik, A., 2021. Solar tree – a sustainable energy approach for farmers. *J. Univ. Shanghai Sci. Technol.* 23 (07), 410–419. <http://dx.doi.org/10.51201/jusst/21/07150>.
- [10] Gangwar, P., Tripathi, R.P., Singh, A.K., 2021b. Solar photovoltaic tree: a review of designs, performance, applications, and challenges. *Energy Sources A* 00 (00), 1–28, <https://doi.org/10.1080/15567036.2021.1901802>.
- [11] Gupta, A.D., 2021. Experimental investigation for photo-voltaic power generation using the concept of solar tree. (January 2020), 0–4. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.35014.80960>.
- [12] Baci, A.B., Salmi, M., Menni, Y., Ghafourian, S., Sadeghzadeh, M., Ghalandari, M., 2020. A new configuration of vertically connecting solar cells: Solar tree. *Int.J. Photoenergy* 2020, <https://doi.org/10.1155/2020/8817440>.
- [13] Rajaei, M., Jalali, M., 2021. Analysis and implementation of the solar tree by determining the optimal angle in Shiraz-Iran. *J. Comput. Appl. Res. Mech. Eng.* x (x), <http://dx.doi.org/10.22061/jcarme.2019.4665.xxxx>.
- [14] HYDER, Farhan; SUDHAKAR, K.; MAMAT, Rizalman. Solar PV tree design: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, p. 1079-1096, 2018.
- [15] CAO, Weiran et al. “Solar tree”: Exploring new form factors of organic solar cells. *Renewable energy*, v. 72, p. 134-139, 2014.
- [16] MOURA, Lucas Santos. Árvores Solares: Um Novo Conceito na Geração de Energia Solar Fotovoltaica. 2017.
- [17] PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ. Constituição (2006). Lei Complementar nº 012/2006, de 12 de dezembro de 2006. **Plano Diretor do Município de Mossoró**. Mossoró, RN.
- [18] **DIS-NOR-031** – Conexão de Microgeradores ao Sistema de Distribuição – **REV 01**.
- [19] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma ABNT NBR 5410:2004**–Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
- [20] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma ABNT NBR 5419: proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro, 2005.
- [21] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma ABNT NBR 16690: instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos: Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019.
- [22] Cidade Brasil. Mossoró. 2020. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-mossoro.html>>. Acesso em 04 fev. 2020.
- [23] UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). Usinas Solares da UFERSA: Dados meteorológicos. Disponível em <<https://usinasolar.ufersa.edu.br/dados-emas/>>. Acesso em: 31 out. 2022.
- [24] CANADIAN SOLAR. INVERSOR DE STRING MONOFÁSICO CSI-1.5K-TL | CSI-3K-TL. Disponível em: < <https://renlight.com.br/wp-content/uploads/2019/03/INVERSOR-DE-STRING-MONOFÁSICO-CANADIAN-SOLAR-CSI-3K-1.5K-TL-RENLIGHT-ENERGY.pdf> >. Acesso em 25 de jul. 2022.

- [25] BYD POLICRISTALINO HALF-CELL. PHK-36-SÉRIE-5BB. Disponível em: <https://www.byd.ind.br/2020/wpcontent/uploads/2020/09/PHK_36_SERIES_5BB_pnl_solar_byd_01_020320.pdf>. Acesso em 25 de jul. 2022.