

RISCOS OCUPACIONAIS NA MANUTENÇÃO DE UMA USINA FOTOVOLTAICA LOCALIZADA EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR NO SEMIÁRIDO

Myllene Rayane de Lucena¹; Fabrícia Nascimento de Oliveira²

Resumo: A utilização de sistemas fotovoltaicos para a geração de energia elétrica tem apresentado um crescimento significativo ao longo dos anos no cenário mundial. No Brasil, devido à abundância de irradiação solar em seu território, essa forma de geração de energia se configura-se como uma opção atrativa para investimentos. Contudo, a tecnologia dessa fonte expõe os trabalhadores a riscos ocupacionais sendo necessárias medidas de segurança para prevenir acidentes. Desse modo, o estudo teve como objetivo identificar os riscos ocupacionais associados à usina solar Mossoró 02, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), bem como a frequência em que ocorrem as manutenções para garantir a eficiência dos equipamentos elétricos. A coleta de dados se deu por meio de visita *in loco*, registros fotográficos e aplicação de três questionários respondidos por profissionais da UFERSA. O primeiro questionário continha perguntas sobre rotinas de manutenção e riscos ocupacionais, o segundo buscava saber sobre o registro de ocorrências de acidentes na usina e o terceiro tinha perguntas sobre os riscos ocupacionais e formas de preveni-los. Assim, foi possível identificar que os riscos físicos, químicos, ergonômicos e de acidentes estão associados às atividades de manutenção da usina solar. Observa-se possíveis riscos de incêndios e choques elétricos como alguns dos principais perigos enfrentados pelos trabalhadores durante a execução de suas tarefas devido à falta de aterramento adequado e a ausência de um setor específico responsável pela usina. Isso ocorre devido à falta de monitoramento e manutenção adequada, os quais iriam garantir tanto a eficiência na geração de energia elétrica da usina quanto a segurança operacional da usina.

Palavras-chave: Usina solar. Riscos ocupacionais. Manutenção. Risco de choque elétrico.

1. INTRODUÇÃO

É fato que a energia elétrica é de suma importância para a sociedade e o aumento no consumo de energia elétrica ocorreu ao longo dos anos devido a uma série de fatores sociais, econômicos e tecnológicos. Segundo dados da *International Energy Agency* (IEA50, 2022), a matriz energética mundial é composta, principalmente, por fontes não renováveis e a participação das fontes renováveis na geração de energia foi de apenas 29%. Em 2023, a capacidade de energia renovável adicionada aos sistemas energéticos globais experimentou um aumento significativo de 50% em relação ao ano anterior, totalizando aproximadamente 510 GW. Entre as fontes limpas, a energia solar fotovoltaica se destacou como líder, impulsionada por avanços tecnológicos e políticas de incentivo em várias regiões do mundo. Além disso, de acordo com os dados da ClimaInfo (2024), espera-se que a participação das energias renováveis na geração global de energia alcance cerca de 42% até 2028, refletindo um crescimento contínuo e significativo no papel das fontes renováveis na matriz energética mundial.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no ano de 2024, em relação ao panorama energético brasileiro, 84,63% da geração de energia no país é considerada renovável. Dessa porcentagem, cerca de 7,22% corresponde a central geradora solar fotovoltaica (ANEEL, 2024). Ademais, no ano de 2023, o Nordeste foi destaque na produção de energia limpa no Brasil, concentrando 83% da produção de energia solar e eólica do país (ANEEL, 2023), com uma capacidade de 28,3 GW (REVISTA E PORTAL MEIO FILTRANTE, 2023). No ano de 2024, até o mês de outubro, a região Nordeste tem um quantitativo de 353 empreendimentos em operação, com uma potência outorgada de aproximadamente 8.8GW. E no que se refere ao estado do Rio Grande do Norte, temos um total de 46 empreendimentos com uma potência outorgada de 1.2GW (ANEEL, 2024).

Tendo em vista que em 2022 o consumo total de eletricidade no país foi de 509 TWh, é fundamental que a geração de energia seja superior à consumida e uma opção para isso é o aumento das fontes renováveis, principalmente a solar. Com a diversificação da matriz energética brasileira, notou-se que apesar das usinas

¹ Graduanda em Bacharelado em Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Email: myllene.lucena@alunos.ufersa.edu.br.

² Orientadora. Docente do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Email: fabricia@ufersa.edu.br.

hidrelétricas e termelétricas possuem um grande destaque em relação a capacidade de geração, o maior destaque, em termos de crescimento, foi nos parques de energia fotovoltaicas (EPE, 2023).

Devido a abundância de luz solar no Brasil, o mercado de energia fotovoltaica torna-se uma opção atraente para investimentos na geração de eletricidade, de forma eficiente, na maior parte do território nacional. No entanto, essa fonte de energia ainda é pouco disseminada e os profissionais dessa área não possuem muita qualificação para a execução de serviço, consequentemente não conhecem os riscos aos quais estão expostos e as formas de evitar acidentes. Logo, o dimensionamento, a instalação e a manutenção incorretas dos sistemas de painéis fotovoltaicos podem representar riscos para bens e vidas.

Observou-se na literatura que existem alguns trabalhos que tratam sobre a manutenção do sistema fotovoltaico, tais como os trabalhos que falam sobre manutenção de painéis solares (VIEIRA, 2019; SOUZA, 2021; CONRADO, 2021) e inspeções nos inversores (SOUZA, LEMOS e VARELLA, 2019; SOUZA, SOUZA e MINORI, 2018). Além de trabalhos inovadores que tratam de uso de robô terrestre autônomo com carregamento solar aplicado à manutenção em usinas solares (PEREIRA e LUNA, 2023), como também trabalhos que fizeram análise dos riscos ocupacionais na instalação no sistema fotovoltaico em residências (RODRIGUES, 2022; LIMA FILHO, 2021). Porém são escassos na literatura pesquisas com foco em riscos ocupacionais em usinas fotovoltaicas.

Para garantir a funcionalidade do sistema solar fotovoltaico e a proteção dos trabalhadores envolvidos na manutenção, além de visitantes, é necessário que as rotinas de manutenção sigam os requisitos mínimos das normas regulamentadoras 10, 17 e 35. A NR-10 trata sobre a segurança em instalações e serviços em eletricidade e estabelece a necessidade de um prontuário para a instalação elétrica, que deve incluir, por exemplo, relatórios de inspeções, laudos periódicos de segurança e funcionalidade, além de registros de manutenções (preditiva, preventivas e corretivas), entre outros documentos. Além disso, determina a necessidade de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde (BRASIL, 2019).

Já a NR-17 é a norma que trata sobre ergonomia estabelecendo a necessidade de implementar medidas preventivas que protejam os trabalhadores de serem submetidos, durante a execução de suas tarefas, a esforços contínuos e repetitivos. Essas medidas visam evitar, por exemplo, posturas extremas ou prejudiciais do tronco, pescoço, cabeça, membros superiores e inferiores, o uso excessivo de força muscular, bem como o uso excessivo de força muscular que possam comprometer a saúde e a segurança dos trabalhadores (BRASIL, 2022). A NR-35 é a norma que estabelece os requisitos e as medidas de prevenção para o trabalho em altura, abrangendo o planejamento, a organização e a execução das atividades com a diferença de nível acima de 2,0m do nível inferior, onde haja risco de queda (BRASIL, 2023).

Esse estudo delimitou-se aos riscos ocupacionais associados à uma usina solar instalada na universidade localizada no semiárido brasileiro. Devido as tendências da fauna e a flora da região, que contribuem para o acúmulo de dejetos sólidos sobre os painéis, a usina requer manutenções periódicas para assegurar sua funcionalidade ao longo do período de vida útil dos equipamentos e eficiência geradora pelos painéis (VIEIRA, 2019). Essas manutenções envolvem riscos ocupacionais que podem impactar a saúde e a segurança dos trabalhadores, exigindo medidas preventivas rigorosas e treinamentos adequados para mitigar/reduzir os perigos associados a essas atividades.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo deste estudo foi identificar os riscos ocupacionais associados à usina solar Mossoró 02, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) com o intuito de garantir a segurança dos trabalhadores e visitantes, bem como a eficiência dos equipamentos elétricos.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar as atividades de manutenção da usina solar fotovoltaica em relação as normas NR-10 e NR-17;
- Verificar a percepção dos envolvidos sobre os riscos ocupacionais associados à usina solar;
- Verificar o registro de ocorrências da usina solar;
- Apontar soluções e indicar procedimentos que reduzam ou eliminem os riscos ocupacionais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Usina solar

A usina fotovoltaica é uma instalação de grande porte projetada para produzir, vender e distribuir energia elétrica, além de permitir o consumo direto dessa eletricidade por quem a produz. Desse modo, as usinas fotovoltaicas desempenham um papel significativo ao produzir energia elétrica sustentável, alternativa e

ambientalmente limpa através da conversão da energia solar. Além dos painéis solares, o inversor, um dos principais equipamentos da usina solar, é responsável por converter a energia dos módulos que está em corrente contínua para corrente alternada, como é fornecida pelas redes de distribuição da concessionária (ALMEIDA et al., 2017).

O avanço tecnológico das usinas fotovoltaicas é crucial na mitigação das emissões do efeito estufa, redução das dependências de fontes de energia convencionais e, consequentemente, contribuindo para a economia e a sustentabilidade ambiental. Ademais, as usinas solares colaboram para a diversificação da matriz energética brasileira, promovendo o aumento da segurança e da estabilidade no fornecimento de energia elétrica (CRESESB, 2006 apud RODRIGUES, 2022).

A disponibilidade de energia solar no Brasil se destaca em comparação, por exemplo, com a Alemanha, Espanha, Itália, Portugal e França, pois apresenta níveis bastante elevados de irradiação solar com uma variabilidade mensal muito mais baixa (PEREIRA et al., 2017). De acordo com o CRESESB (2023) apud Laurindo (2023), os valores médios anuais de irradiação solar global incidente variam de 5,25 a 5,35 kWh/m²/dia em todo o território brasileiro.

Os módulos fotovoltaicos, também conhecidos como painéis solares, são responsáveis por captar irradiação solar e converte essa energia em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Os painéis são compostos por células fotovoltaicas feitas de semicondutores, geralmente de silício, e cada módulo é composto por várias células fotovoltaicas conectadas eletricamente e encapsuladas em camadas de vidro temperado ou plástico resistente (CONRADO, 2021). Isso protege as células contra intempéries e proporciona durabilidade.

Esses painéis são montados sobre estruturas metálicas ou de concreto projetadas para garantir sua estabilidade e eficiência de captura solar ao longo do dia. Esses painéis e demais elementos do sistema fotovoltaico precisam passar por manutenções periódicas para garantir a produção de energia.

2.2 Manutenção do sistema solar em uma usina solar fotovoltaica

Segundo Murça (2012), a manutenção abrange um conjunto de ações técnicas voltadas para preservar ou reparar o equipamento, assegurando que ele desempenhe sua função de maneira eficiente e segura. O tipo de manutenção irá variar de acordo com as necessidades específicas do sistema e/ou equipamento. Entre eles estão a manutenção preditiva, preventiva e corretiva, envolvendo práticas como inspeções regulares, reparos e limpezas destinadas a preservar a funcionalidade e prolongar a vida útil dos equipamentos.

Devido às características operacionais dos painéis solares, é necessário que eles permaneçam expostos às condições climáticas da localidade, como a radiação solar, vento, poeira, poluição, folhas e outros. Logo, com o tempo, esses elementos podem danificar os materiais condutores e comprometer a operação do sistema, afetando sua rentabilidade e retorno sobre o investimento. Com isso, surge a necessidade de limpeza periodicamente dos painéis solares, uma vez que a deposição de poeira e sedimentos na superfície das placas resulta em uma significativa redução da eficiência na geração de energia elétrica (PEREIRA e LUNA, 2023).

Além disso, atividades como verificação de conexões elétricas, substituição de equipamentos danificados, monitoramento da produção de energia e realização de inspeções são responsabilidades dos profissionais da manutenção. No que se refere a frequência das manutenções no sistema solar, esta deve ser estabelecida com base nas recomendações do fabricante e nas condições específicas do local. Geralmente, as manutenções preventivas, como a limpeza dos painéis e inspeções visuais, são realizadas semestralmente ou anualmente. Já a preditiva, o qual envolve o monitoramento contínuo e a análise de dados para antecipar falhas, podem ser realizadas com maior regularidade (VIEIRA, 2019).

Os profissionais responsáveis pela manutenção em usinas fotovoltaicas desempenham um papel essencial na garantia da eficiência e durabilidade dos sistemas de geração de energia. Entre esses profissionais destacam-se os engenheiros de operação e manutenção, os técnicos e prestadores de serviços terceirizados. A ausência de profissionais qualificados pode resultar em uma série de riscos, incluindo falhas operacionais, danos aos equipamentos e até acidentes graves.

Ademais, os profissionais devem estar cientes dos riscos ocupacionais específicos associados à manutenção dos sistemas fotovoltaicos e seguir rigorosamente os protocolos de segurança e as regulamentações vigentes para garantir a proteção dos trabalhadores frente aos riscos ocupacionais e a integridade dos sistemas.

2.3 Riscos ocupacionais

Conforme Rodrigues e Santana (2010), os riscos ocupacionais decorrem de condições inadequadas do ambiente de trabalho ou das atividades operacionais, as quais comprometem a saúde e a segurança dos profissionais. Esses riscos podem ser categorizados como agentes químicos, físicos, biológicos, ergonômicos e acidentes, cada um apresentando diferentes tipos de perigos que exigem abordagens específicas de prevenção e controle.

Os agentes químicos se caracterizam por serem absorvidos pelo corpo que podem causar danos à saúde do trabalhador por inalação, ingestão e/ou contato. Já os agentes físicos, referem-se a formas de energia presentes no ambiente de trabalho e que imprimem algum tipo de impacto ao organismo humano, como por exemplo o ruído. Os riscos biológicos ocorrem quando há exposição a microrganismos que podem causar danos à saúde. Riscos

ergonômicos estão associados a condições laborais que têm o potencial de ocasionar lesões no sistema musculoesquelético, tais como posturas inadequadas e repetição excessiva de movimentos. Os riscos mecânicos ou de acidentes compreendem eventos como quedas, cortes e outras lesões repentinas que podem ser resultado de práticas inseguras ou falta de manutenção adequada dos equipamentos. Desse modo, a gestão e controle dos riscos ocupacionais no ambiente de trabalho são fundamentais para assegurar a saúde, segurança e bem-estar dos trabalhadores (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016).

Devido à natureza da geração solar, trabalhadores estão expostos a riscos de choques elétricos significativos durante a instalação, manutenção e operação dos sistemas fotovoltaicos (RODRIGUES, 2022). Além disso, nas usinas fotovoltaicas, há preocupações também com outros tipos de acidentes, como o encontro com animais peçonhentos, a probabilidade de incêndios, aspectos ergonômicos e condições ambientais como calor e radiação solar que devem ser consideradas, pois os trabalhadores estão expostos a temperaturas elevadas e radiação ultravioleta durante a execução de suas atividades (KURATA, 2016).

3. METODOLOGIA

A pesquisa ocorreu na usina solar fotovoltaica, chamada Mossoró 02, localizada na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com sua localização geográfica em latitude e longitude de 5°12 '38"S 37°18'54"W e altura de 25m. Essa usina é a mais antiga e a maior do campus da universidade com o total de 580 módulos fotovoltaicos, divididos em 10 *strings* de 58 módulos, modelo Canadian Solar CS6P-260P-SD, cuja potência nominal individual de pico é 260 Wp. Com isso, o arranjo das *strings* produz uma potência total de 150,8 kWp. Além disso, o sistema integra 10 inversores, modelo Ginlong Technologies Solis-15kW, trifásicos conectados à rede com saída CA conectada a um transformador de 380/13.800 Vca, exclusivo da usina (UFERSA, 2023).

O estudo de caso combinou a abordagem qualitativa e quantitativa, para fornecer uma visão detalhada dos processos, desafios, riscos e resultados da manutenção na usina solar fotovoltaica. A coleta de dados se deu por meio de visita e observação *in loco*, registros fotográficos e três questionários respondidos por profissionais da UFERSA.

O primeiro questionário foi composto por 10 questões e visava verificar informações sobre rotinas de manutenção e riscos ocupacionais, sendo respondido por um profissional da Divisão de Manutenção e Instalações Físicas, setor vinculado à Superintendência de Infraestrutura da UFERSA. Foi perguntado a esse participante da pesquisa quando ocorreu as manutenções, tipo de manutenção e se os trabalhadores utilizam EPIs durante as manutenções.

O segundo questionário possuía 5 questões e tinha o intuito de obter informações sobre o registro de ocorrências na usina solar Mossoró 02, e foi respondido por um profissional do Desenvolvimento Tecnológico (INPE/MCTI). O terceiro questionário tinha 6 perguntas sobre os riscos ocupacionais da usina solar, formas de preveni-los, treinamento e foi respondido por um professor da área de energia solar que fica responsável pela coordenação da usina Mossoró 02. Todos os questionários foram enviados para o e-mail dos respondentes.

Ademais, foram realizados registros fotográficos na usina Mossoró 02 no dia 16 de setembro de 2024, às 16 horas, com o auxílio do engenheiro eletricista que é o professor da UFERSA e um dos responsáveis pela usina. A visita técnica buscou averiguar a instalação dos painéis solares, o funcionamento dos inversores e a área onde a usina está situada. Além disso, foi verificado as condições às quais os profissionais de manutenção estão expostos, os riscos ocupacionais, sinalização do local e analisadas as medidas de segurança já aplicadas. O intuito foi identificar desafios para comparar as condições observadas com as diretrizes estabelecidas pelas Normas Regulamentadoras 10 e 17, e propor soluções/melhorias.

Por fim, foi realizado um levantamento dos procedimentos existentes e verificado a existência de responsáveis pelo acompanhamento e/ou solicitações das manutenções. Por fim, realizou-se a análise dos dados coletados, visando proporcionar uma compreensão completa e precisa do estudo e os resultados foram apresentados em quadros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Local de estudo

A usina estudada está localizada em uma área com pouca vegetação, sendo rodeada por algumas árvores, e próxima de uma estrada que facilita o seu acesso, conforme a Figura 1. A ausência de animais de grande porte contribui para a segurança do local, que também é protegido por uma estrutura que limita o acesso não autorizado à usina. A configuração da área em torno dos painéis solares garante a exposição ideal ao sol, sem obstruções significativas, o que favorece a eficiência da geração de energia.



Figura 1. Usina solar Mossoró 02. Fonte: Google Earth (2024).

A usina solar fotovoltaica Mossoró 02 da UFERSA foi criada após a universidade ganhar o 2º lugar no Prêmio Idea/Desafio da Sustentabilidade, lançado pelo Ministério da Educação em 2014. Em abril de 2015, a UFERSA recebeu um prêmio de 1 milhão de reais, que foi utilizado para adquirir e instalar todos os equipamentos do sistema. Com uma área de ocupação de 933m², a usina funciona no campus leste desde outubro de 2016, gerando energia elétrica limpa e sustentável. No ano de 2017, a usina gerou cerca de 20 mil quilowatts hora gerados a cada mês, uma economia de 7 mil reais por mês no custeio da instituição, o que equivaleu a até 7% do consumo da UFERSA Mossoró (UFERSA, 2017).

Considerando que a UFERSA apresenta consumo anual de energia elétrica de, aproximadamente, 7.100.000 kWh, incluindo o fornecimento da concessionária e a geração própria fotovoltaica das 31 geradoras dos campi Angicos, Caraúbas e Mossoró (dados de 2023) e Pau dos Ferros (dados de 2019), estima para a universidade uma economia anual de R\$ 1,86 milhões. Desse valor, R\$ 128.863,00 são provenientes da economia anual da usina solar Mossoró 02 (UFERSA, 2024).

4.2 Ocorrências na usina solar

Com o objetivo de aprimorar o sistema de manutenção da usina fotovoltaica Mossoró 02, é fundamental compreender as ocorrências enfrentadas ao longo dos anos de operação. Verificou-se por meio do levantamento de informações por meio de questionário quatro tipos de eventos críticos na usina: incidentes de segurança; falhas técnicas/equipamentos; problemas operacionais; e condições ambientais adversas.

Em relação aos incidentes de segurança, em julho de 2019, a usina estudada sofreu vandalismo, resultando na quebra de 5 módulos fotovoltaicos. Foi necessária a substituição dos painéis danificados, além da instalação de câmeras de vigilância para reforçar a segurança do local. Quanto à falha técnica/equipamento, em 2017, houve a interrupção do funcionamento de uma *string* em um inversor devido ao afrouxamento das conexões em um disjuntor de corrente contínua (CC). Para solucionar o problema, foi preciso realizar o reaperto de todas as conexões. Esses tipos de situações reforçam a necessidade de uma manutenção ágil para minimizar as perdas financeiras geradas pela interrupção na geração de energia. Além disso, em 2022, houve um incidente de curto circuito no barramento do quadro geral devido uma rã. Para solucionar o problema, a medida adotada foi preencher os espaços com espuma expansiva.

No que se refere aos problemas operacionais, foi informado que, anualmente, o sistema de monitoramento remoto da usina falha devido à falta de sinal *wi-fi* ou a perda da configuração após uma atualização automática de *firmware* de *datalogger*. Esse problema afeta diretamente a eficiência do monitoramento da usina. Em relação às condições ambientais adversas, também foi informado que os inversores têm apresentado superaquecimento, atingindo temperaturas superiores ao limite recomendado pelo fabricante, o que compromete tanto o desempenho dos equipamentos quanto a segurança dos trabalhadores responsáveis pela manutenção. Durante uma visita à usina, foi constatada a instalação de um sistema auxiliar de ventilação forçada na casa dos inversores para melhorar a troca de calor com o ambiente (Figura 2). No entanto, o sistema estava inoperante no momento da coleta de dados.



Figura 2. Sistema auxiliar de ventilação forçada na casa dos inversores. Fonte: Autoria própria (2024).

Além disso, outra consequência da falha no monitoramento é a atuação frequente dos Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS), causados por surtos de tensão. Durante a inspeção visual, foi constatado que alguns desses DPS estavam atuados, evidenciando a necessidade do monitoramento e manutenção dos dispositivos, conforme Figura 3.



Figura 3. Quadro de proteção CC do inversor 06 com os DPS atuados. Fonte: Autoria própria (2024).

No Quadro 1 é apresentado um resumo das ocorrências na Usina Mossoró 02, conforme relatado pelo entrevistado responsável pelo Desenvolvimento Tecnológico (INPE/MCTI).

Quadro 1. Registro de ocorrências na usina solar Mossoró 02

Tipo de ocorrência	Descrição do ocorrido	Localização	Ano da ocorrência	Gravidade da ocorrência	Medida adotada
Incidente de segurança	Quebra de módulos por vandalismo	Painéis da usina	2019	Média	Substituição dos módulos danificados e instalação de câmeras de vigilância
Falha técnica/equipamento	Interrupção do funcionamento de uma <i>string</i>	Sala dos inversores	2017	Média	Reaperto de todas as conexões
	Curto circuito	Sala dos inversores	2022	Alta	Espuma expansiva
Problema operacional	Falha no sistema de monitoramento remoto	Sala dos inversores	Anual	Baixa	-
Condição ambiental adversa	Aquecimento dos inversores	Sala dos inversores	2017	Média	Instalação de sistema de ventilação forçada

Fonte: Autoria própria (2024).

4.3 Identificação de riscos ocupacionais

A segurança no ambiente de trabalho é fundamental para assegurar o bem-estar dos trabalhadores e o adequado funcionamento dos equipamentos envolvidos. Nesse contexto, tornou-se necessário o estudo dos riscos ocupacionais associados à manutenção da usina fotovoltaica Mossoró 02. Pode-se verificar no Quadro 2 a percepção dos riscos ocupacionais por dois profissionais entrevistados. O primeiro, responsável pela manutenção, destacou os riscos presentes nas atividades rotineiras de manutenção, enquanto o segundo, um professor especializado em energia solar, contribuiu com sua visão técnica sobre o tema.

Quadro 2. Riscos ocupacionais em uma usina fotovoltaica, conforme percepção dos entrevistados responsáveis pela usina e pelo setor de Divisão de Manutenção e Instalações Físicas

Risco	Agente	Fonte geradora
Físico	Ruído	Inversores
	Calor	Inversores/Módulos fotovoltaicos/Exposição ao sol
	Radiações não ionizantes	Exposição ao sol
Químico	Poeira	Proveniente do ambiente
Ergonômicos	Esforço físico intenso	Inversores
	Levantamento e transporte de cargas	Inversores
	Exigência de postura inadequada	Inversores/Quadro de proteção CC
	Monotonia e repetitividade	Limpeza dos 580 módulos fotovoltaicos
Acidentes	Acidentes com eletricidade	Tensões elevadas do lado de corrente contínua e elevadas correntes do lado de tensão alternada
	Animais peçonhentos	Proveniente do ambiente

Fonte: Autoria própria (2024).

Além dos riscos ocupacionais apontados no Quadro 2, observou-se, por meio da visita técnica, outros riscos que não foram apontados pelo entrevistado, tais como: risco de incêndio e risco de choque elétrico devido à falta de aterramento que constitui uma divergência entre o projeto e a execução da usina solar. De acordo com Oliveira e Rocha (2017), os aterramentos dos painéis fotovoltaicos são interconectados um ao outro, do módulo mais próximo até a caixa de passagem. No entanto, os aterramentos das *strings* não estão interligados, o que contraria o projeto, que especifica a interligação dos fios de terra nas caixas de passagem.

A falta da manutenção do sistema de aterramento, para adequar o sistema à norma brasileira NBR 5410, ocasiona riscos tanto para os equipamentos quanto para as pessoas. Em caso de sobretensão devido à descarga atmosférica, a corrente se espalharia pelo solo, e, devido à falta de interligação das hastes, haveria uma diferença de potencial, o que poderia causar choques elétricos para qualquer pessoa que esteja na área e/ou esteja tocando na estrutura metálica. Isso ocorre porque o corpo humano também pode servir como caminho para que a corrente tente equalizar o potencial.

Ademais, se a corrente que flui entre as hastes pode não se dissipar de maneira adequada no solo, isso pode causar uma sobrecarga de corrente ou uma sobretensão no circuito conectado ao sistema de aterramento e danificar o isolamento dos cabos ocasionando riscos a incêndios. Logo, pode-se verificar que as manutenções envolvem riscos ocupacionais significativos, como exposição a riscos de acidentes, além de calor intenso, radiação solar e poeira. Esses fatores podem impactar a saúde e a segurança dos trabalhadores, exigindo medidas preventivas rigorosas e treinamentos adequados para mitigar/reduzir os perigos associados a essas atividades.

4.4 Rotinas de manutenção

Conforme informações dos participantes da pesquisa, a manutenção da usina solar Mossoró 02 ocorre anualmente, envolvendo tanto ações preventivas quanto corretivas. No entanto, sempre que necessário, a equipe realiza intervenções adicionais, como a limpeza dos módulos fotovoltaicos e a substituição de dispositivos, como disjuntores, DPS e fusíveis.

O processo de manutenção segue três etapas principais:

- Planejamento: Realiza-se uma avaliação *in loco* da tarefa a ser executada, determinando a melhor forma de intervenção;
- Desligamento: O desligamento dos circuitos de corrente contínua (CC) e corrente alternada (CA) é feito antes de qualquer intervenção técnica;
- Verificação: Após a substituição dos componentes, verifica-se o correto funcionamento do sistema para

garantir sua operação adequada.

De acordo com os dados coletados na entrevista, nos últimos anos, a usina fotovoltaica Mossoró 02 passou por quatro manutenções, sendo que nenhuma delas do tipo preditiva. A primeira manutenção ocorreu em 08 de julho de 2022 que foi do tipo preventiva/corretiva em que envolveu a fixação de inversores que estavam prestes a cair, além de melhorias na fixação dos demais. Depois foram realizadas duas manutenções corretivas em 24 de abril de 2023, sendo uma para a substituição de quatro unidades de DPS CC, e outra para a troca de 27 fusíveis. Em 13 de junho de 2023 ocorreu mais uma manutenção corretiva que incluiu a troca de dois disjuntores CC de 32A. E por último, em 03 de abril de 2024 foi realizada uma manutenção preventiva/corretiva, com a substituição de relés fotoelétricos queimados e a troca de refletores convencionais por refletores de LED (Quadro 3).

Quadro 3. Manutenções ocorridas na usina solar Mossoró 02

Data da manutenção	Tipo de manutenção	Manutenção realizadas
08/07/2022	preventiva/corretiva	fixação de inversores que estavam prestes a cair, além de melhorias na fixação dos demais
24/04/2023	corretivas	uma manutenção corretiva para a substituição de quatro unidades de DPS CC, e outra manutenção para a troca de 27 fusíveis
13/06/2023	corretiva	troca de dois disjuntores CC de 32A
03/04/2024	preventiva/corretiva	substituição de relés fotoelétricos queimados e a troca de refletores convencionais por refletores de LED

Fonte: Autoria própria (2024).

Esse histórico registra algumas das manutenções realizadas desde a instalação da usina. Além disso, destaca-se a realização de manutenções preventivas de serviços gerais em outros períodos não registrados pelo histórico, como a limpeza quinzenal do abrigo dos inversores e a capinagem trimestral no pátio onde estão localizados os painéis solares. Essas medidas visam garantir o bom funcionamento e a preservação dos equipamentos, contribuindo para a eficiência e a longevidade do sistema fotovoltaico.

Para a realização dessas atividades, foi informado que os profissionais da manutenção utilizam Equipamentos de Proteção Individual (EPI's), como botas, camisetas de mangas longas, calças compridas, luvas, uso de protetor solar e óculos de proteção. Foi identificado também a presença de extintores, no entanto, durante a visita *in loco*, porém os extintores estavam expostos as condições climáticas, sem nenhum tipo de proteção, conforme Figura 4. De acordo com a norma brasileira 12693, na seção 5.4.4.6.1, os extintores portáteis devem ser posicionados em abrigos protegidos contra intempéries.



Figura 4. Extintor de incêndio exposto a condições de intempéries. Fonte: Autoria própria (2024).

Verificou-se também no local a presença de sinalização de advertência sobre o risco de choque elétrico no quadro de proteção de corrente alternada (CA), conforme apresentado na Figura 5.



Figura 5. Sinalização de advertência sobre o risco de choque elétrico do quadro de proteção CA. Fonte: Autoria própria (2024).

Observou-se também no local a presença de uma barreira de acrílico que protege as partes energizadas, evitando que o trabalho entre em contato com as partes energizadas do quadro de proteção CA. Pode-se observar também que existia na barreira de acrílico duas placas de sinalização indicando o “risco de choque elétrico” (Figura 6).



Figura 6. Barreira de acrílico que protege as partes energizadas do quadro de proteção CA. Fonte: Autoria própria (2024).

Durante a visita, foi observado um animal queimado nos barramentos do quadro de proteção CA, conforme mostrado na Figura 7. Esse incidente pode causar riscos, como curtos-circuitos, que em casos extremos podem resultar em explosões, colocando em perigo os trabalhadores de manutenção. Portanto, é essencial promover treinamentos em segurança elétrica, garantindo a correta manutenção e prevenindo riscos, como choques elétricos. (Figuras 7).

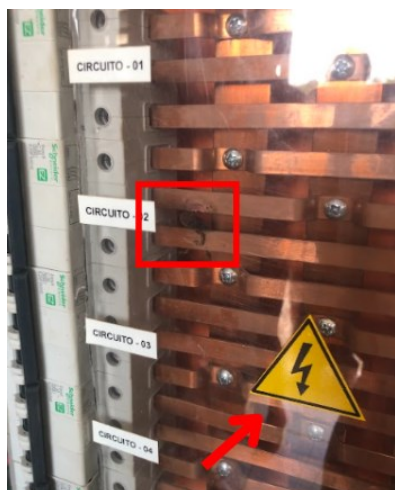


Figura 7. Animal queimado nos barramentos do quadro de proteção CA. Fonte: Autoria própria (2024).

4.5 Avaliação das manutenções em relação às normas regulamentadoras NR-10 e NR-17

Com base nas informações fornecidas pelo responsável da Divisão de Manutenção e Instalações Físicas, não foi informado se a usina possuía o prontuário das instalações elétricas, conforme determinações da NR-10. Ademais, o histórico de manutenções apresentado não possuía detalhes e continha poucos registros sobre as rotinas de manutenção.

Na rotina de manutenção da usina, não foram informadas as medidas de proteção coletiva, no entanto a NR-10 estabelece a obrigatoriedade de priorizar medidas de proteção coletiva em todos os serviços executados, por meio de procedimentos adequados, a fim de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores, além das medidas de proteção individual, determinando que as vestimentas de trabalho devem ser apropriadas às atividades desempenhadas (BRASIL, 2019).

No caso da rotina das atividades realizadas na usina solar, foi mencionado pelo responsável da Divisão de Manutenção e Instalações Físicas que ocorre a desenergização das instalações elétricas para a realização das manutenções preventivas e corretivas, cumprindo o que a NR-10 especifica que, sempre que possível, as atividades de manutenção devem ser realizadas com as instalações elétricas desenergizadas, exceto em casos onde a desenergização não é viável (BRASIL, 2019).

Ademais, os trabalhadores são capacitados conforme as exigências da NR-10 conforme o entrevistado que fica responsável pela Divisão de Manutenção e Instalações Físicas. Os procedimentos operacionais incluem a emissão de ordem de serviço para a execução das tarefas, o planejamento das atividades em conjunto com a equipe e a fiscalização posterior da execução.

Na rotina de manutenção da usina solar, foi mencionado pelo entrevistado a existência do risco ergonômico oriundos de esforços físicos para a execução das atividades de manutenção, considerando que a usina é composta por 580 painéis fotovoltaicos e 10 inversores. Como resultado, os trabalhadores estão expostos a posturas inadequadas, além de enfrentarem monotonia e repetitividade nas tarefas realizadas.

4.6 Propostas de melhorias

Para reduzir os riscos ocupacionais identificados na rotina de trabalho na usina fotovoltaica Mossoró 02, é fundamental implementar medidas preventivas nas atividades de manutenção, assegurando a segurança dos trabalhadores. Nesse contexto, para minimizar os riscos físicos relacionados ao ruído e ao calor gerados pelos inversores, recomenda-se garantir que esses dispositivos sejam mantidos conforme as especificações do fabricante, assegurando seu funcionamento adequado. Isso inclui proporcionar uma ventilação adequada no compartimento dos inversores, de forma que a temperatura não ultrapasse os limites definidos pelo fabricante, já que essas temperaturas podem atingir cerca de 70°C. Além disso, sugere-se planejar a realização das atividades de manutenção das placas solares em horários em que as temperaturas não estejam elevadas, evitando os períodos de pico de calor.

Com relação ao risco químico, recomenda-se o uso de máscara PFF2 (Peça Facial Filtrante classe 2), o qual podem ajudar a proteger as vias respiratórias em situações de exposição a poeiras do ambiente. Para minimizar os riscos ergonômicos, pode-se implementar algumas medidas, como oferecer treinamentos funcionais para preparar os trabalhadores para as demandas físicas da atividade e realizar capacitações sobre as técnicas adequadas de levantamento e transporte de cargas, bem como sobre posturas corretas durante a execução das atividades, visando prevenir lesões.

É importante que os treinamentos sejam conduzidos por profissionais de educação física, fisioterapia ou área da saúde, que possam personalizar os programas de acordo com as necessidades dos trabalhadores. Além disso, a utilização de robôs para a limpeza dos módulos fotovoltaicos pode ser uma boa alternativa para auxiliar os profissionais da manutenção. Em usinas de grande porte, a limpeza realizada por trabalhadores se torna inviável. Assim, a utilização de máquinas tem se tornado cada vez mais frequente.

Quanto aos riscos de acidentes, a utilização de EPI's para evitar o contato com animais peçonhentos provenientes do ambiente é de extrema importância, sendo o responsável pela equipe garantir o uso por todos os trabalhadores. Também, devido ao fato de não conseguir visualizar a eletricidade, muitas vezes o choque elétrico acontece por descuido ou falta de informação sobre possíveis partes energizadas. É fundamental implementar um programa de treinamento contínuo, principalmente, sobre a NR-10 para todos os colaboradores, incluindo contratados e terceirizados. Este treinamento deve focar, especialmente, os procedimentos de bloqueio e etiquetagem (*Lockout/Tagout*) para prevenir acidentes elétricos durante as atividades de manutenção.

Sugestão de passo a passo do sistema *Lockout/Tagout*:

1º) Preparação: Informar os trabalhadores sobre a necessidade do procedimento sistema *Lockout/Tagout*; Identificar as fontes de energia perigosa a serem controladas.

2º) Desligamento: Desligar o equipamento.

3º) Isolamento: Identificar e isolar todas as fontes de energia perigosa; utilizar dispositivos de bloqueio para inutilizar disjuntores, e outros.

4º) Aplicação de dispositivos de bloqueio: Instalar dispositivos de bloqueio (cadeados, grampos, etc.) nas fontes de energia isoladas; garantir que apenas os trabalhadores autorizados tenham acesso aos dispositivos de bloqueio.

5º) Verificação: Verificar se os equipamentos estão realmente desenergizados realizando testes seguros; as etiquetas de aviso devem ser colocadas de forma visível no equipamento, informando que ela está em manutenção e que não deve ser ligada ou operada.; certificar-se de que o equipamento não pode ser ligado acidentalmente.

6º) Início da manutenção: Informar a todos os trabalhadores envolvidos que o procedimento sistema *Lockout/Tagout* está em vigor.

Ademais, sugere-se a elaboração de um plano de resposta a emergências, no qual é fundamental que todos os trabalhadores sejam treinados para agir adequadamente em situações de incêndios ou acidentes, como choques elétricos. A realização de simulações regulares assegura que os protocolos de emergência sejam seguidos de forma correta e dentro do prazo.

Com relação a integridade dos equipamentos da usina, como painéis fotovoltaicos, inversores e cabos, deve ser monitorada de forma regular para assegurar a segurança da instalação. Portanto, é essencial realizar inspeções frequentes, que possibilitem a detecção de falhas potenciais, como curtos-circuitos, incêndios ou outros acidentes. Assim como, a implementação de sistemas de monitoramento térmico e a instalação adequada de sistema de supressão de incêndios irá garantir a segurança do local.

Quanto ao sistema de aterramento, torna-se necessário a contratação de terceirizados para realizar a interligação do sistema de aterramento da usina solar. Assim como, a criação de um setor específico responsável pela usina solar e todos seus processos, garantindo a eficiência das atividades e monitoramento da geração de energia.

5. CONCLUSÃO

O estudo possibilitou a compreensão da importância da segurança na usina solar Mossoró 02 para garantir a segurança dos trabalhadores da manutenção e aumentar a vida útil dos equipamentos, assegurando a eficiência na geração de energia elétrica. Também, constata-se a presença de riscos físicos, químicos, ergonômicos e de acidentes nas atividades de manutenção da usina solar. Dentre eles, os riscos ergonômicos e de acidentes, como o choque elétrico, destacam-se como alguns dos principais perigos enfrentados pelos trabalhadores durante a execução de suas tarefas. No entanto, para evitar esses perigos, são fornecidos para os trabalhadores EPI's e treinamento sobre a NR-10, com o objetivo de minimizar os riscos relacionados à eletricidade.

Ao realizar a análise comparativa da aplicação dos procedimentos de segurança do trabalho em relação às normas regulamentadoras, verifica-se a necessidade de algumas adequações dos procedimentos realizados às normas. Contudo, os trabalhadores são devidamente instruídos a desempenhar suas atividades com segurança.

Por fim, constata-se que na usina solar é realizada manutenções preventivas e corretivas anualmente, além da limpeza quinzenal dos painéis fotovoltaicos. No entanto, devido à ausência de um setor específico responsável pela usina, foi identificado uma falta no monitoramento e na manutenção necessários para assegurar a geração contínua de energia elétrica. Problemas como a atuação de componentes, a falta de limpezas regulares dos painéis e a ausência de manutenções preventivas/corretivas mais frequentes comprometem tanto a eficiência da geração de energia em certos períodos quanto a segurança operacional da usina, colocando em risco a integridade dos trabalhadores e dos equipamentos.

Em relação às dificuldades enfrentadas durante o estudo, a principal foi a ausência de um setor específico responsável pela usina, o que dificultou na identificação dos responsáveis para realizar as entrevistas sobre ocorrências, identificação de riscos e rotinas de manutenção. Paralelamente, a incompatibilidade de horários com o setor responsável por parte das manutenções também foi um obstáculo. Em função dessas dificuldades, o foco do estudo precisou ser ajustado ao longo de seu desenvolvimento.

Portanto, fica como sugestão para trabalhos futuros a avaliação dos riscos durante a realização das manutenções preventivas e/ou corretivas. Como também, a aplicação de métodos de análise postural para a avaliação dos riscos ergonômicos durante a limpeza dos painéis fotovoltaicos e a manutenção na casa dos inversores. E por fim, a aplicabilidade da NR-10 com os trabalhadores envolvidos nas atividades da usina solar.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Renata Ribeiro Guedes de. et al. Proposição de uma metodologia para análise de viabilidade econômica de uma usina fotovoltaica. **Revista Principia**, v. 1, n. 34, p. 84-92, 2017. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/86851799/665-libre.pdf?1654123885=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DProposicao_de_uma_metodologia_para_anali.pdf&Expires=1728958363&Signature=TIZMDqrD9M9LdINuS9gHak-

CQfMZlmsrtbFRgKiRwEOfKYkmxIIUxIDG1QmwjTQfp5ttiJ~MhG~fqApIjWzGPSjisCDTFI1VHdcxUUHp2EiypfbmtxceMjQWzXfZjNsao194oz0HnDuWUB2hyCWQdJt6rzWDdAITGIm2dVWjABw1LR8BWwbig34sY92oVgeVLG7oSB8PvuYEVwkrdY9i8RhbyZtfWgdPVtAE10gq3VOlotwGcN~7vwQOK390BJiZ2~or~At6ugk7LM2nmQcRkBsCD4lsDMcebSkgp23El8vXrJ05e7bWgW3-LyumdrDZvaQ8xwzsnwu7~7vbmvp8w__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 04 jul. 2024.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Capacidade de geração do Brasil: Matriz elétrica brasileira**. 2024. Data de referência dos dados, publicado em 24/07/2024 às 13:01 h. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoieNGE3NjVmYjAtNDZkZC00MDY4LTliNTItMTVhZTU4NWYzYzFmIiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 17 jul. 2024.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **ANEEL e SUDENE debatem desenvolvimento da geração de energia no Nordeste**. 2023. Publicado pelo Ministério de Minas e Energia no gov.br em 27/07/2023 às 18h37min e atualizado em 27/07/2023 às 18h53min. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-e-sudene-debatem-desenvolvimento-da-geracao-de-energia-no-nordeste>. Acesso em: 25 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12693:2023 – Sistemas de proteção por extintores de incêndio**. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora 17: Ergonomia**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 06 out. 2024.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora 35: Trabalho em altura**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/NR35atualizada2023.pdf>. Acesso em: 24 out. 2024.

CONRADO, Deyvison Muniz. **Estudo dos principais aspectos de manutenção em sistemas fotovoltaicos on-grid**. 2021. 90f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia elétrica), Universidade Federal Rural de Pernambuco. Cabo de Santo Agostinho, PE. 2021. Disponível em: https://repositorio.ufrpe.br/bitstream/123456789/2705/1/TCC_DeyvisonMunizConrado.pdf. Acesso em: 24 jul. 2024.

ClimaInfo. **IEA: Capacidade instalada de geração renovável cresceu 50% em 2023**. Publicado em: 15 Jan. 2024. Disponível em: <https://climainfo.org.br/2024/01/15/iea-capacidade-instalada-de-geracao-renovavel-cresceu-50-em-2023/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

EPE. **Anuário estatístico de energia elétrica 2023**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/anuario-factsheet.pdf>. Acesso em: 25 set. 2023.

IEA50. International Energy Agency. **Renewable Energy Progress Tracker**. Publicado em: 2022 e atualizado em: 4 jul. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewable-energy-progress-tracker>. Acesso em: 16 jul. 2024.

KURATA, Marcos Eduardo Eidi. **Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos**. 2016. 67 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18289/1/CT_CEEST_XXXI_2016_15.PDF. Acesso em: 13 out. 2024.

LAURINDO, Lucas do Nascimento. **Desenvolvimento de um sistema de microgeração de energia fotovoltaica com rastreamento solar**. 2023. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Energia), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia e Ciências, Rosana, 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/659e0efa-4841-406c-bce4-c9a4103c3de8/content>. Acesso em: 01 jul. 2024.

LIMA FILHO, Arlindo Almeida et al. Análise dos riscos ocupacionais em instalações de sistemas fotovoltaicos na cidade de Manaus-AM. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e418101523045-e418101523045, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/23045/20450>. Acesso em: 24 jul.2024.

MURÇA, Vítor Armando de Almeida et al. **Aplicação da filosofia Lean na área da Manutenção**. 2012. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/2173/1/Dissera%c3%a7%c3%a3o.pdf>. Acesso em: 7 out.2024.

OLVEIRA, Alysson Max Costa de. **Estudo de aterramento da usina fotovoltaica da UFERSA**. 2017. 8f. Artigo de TCC (Graduação em Engenharia de Energia), Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/fb2bb41b-b4f9-45c0-84a2-18b8edb6f5b0/content>. Acesso em: 03 out.2024.

PEREIRA, André Marcos Silvestre; LUNA, Bruno Emmanuel de O. B. **Projeto e execução de robô terrestre autônomo com carregamento solar aplicado à manutenção em usinas solares**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/2e8fef04-e89e-4ac6-b05f-aa864385045/content>. Acesso em: 11 jul. 2024.

PEREIRA, Enio Bueno. Et al. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2.ed. São José dos Campos: INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), 2017, 80p (e-book). Disponível em: http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao_rev-01-compactado.pdf. Acesso em:15 jul.2024.

REVISTA E PORTAL MEIO FILTRANTE. **O Nordeste é a região que mais produz energia limpa no Brasil**.2023. Publicado em:22/06/2023. Publicado pelo: Infraroi Disponível em: <https://www.meiofiltrante.com.br/Noticia/114331/o-nordeste-e-a-regiao-que-mais-produz-energia-limpa-no-brasil>. Acesso em: 17 jul. 2024.

RODRIGUES, Luciano Brito; SANTANA, Nívio Batista. Identificação de riscos ocupacionais em uma indústria de sorvetes. **Journal of Health Sciences**, v. 12, n. 3, 2010. Disponível em: <https://journalhealthscience.pgsscogna.com.br/JHealthSci/article/view/1294>. Acesso em: 7 out. 2024.

RODRIGUES, Gabriela Veiga Wanderley et al. **Análise dos riscos de acidentes em instalações de sistemas fotovoltaicos em residências de Maceió-AL**. 2022. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Energias), Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Rio Largo, AL., 2022. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/9882/1/An%C3%A1lise%20dos%20riscos%20de%20acidentes%20em%20instala%C3%A7%C3%B5es%20de%20sistemas%20fotovoltaicos%20em%20resid%C3%A2ncias%20de%20Macei%C3%B3-AL.pdf>. Acesso em:11 jul.2024.

SOUZA, Thiago Miranda de. **Estudo de técnicas de manutenção preventiva em instalações fotovoltaicas**. 2021. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Energia), Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama-FGA, Brasília, 2021. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/29752/1/2021_ThiagoMirandaDeSouza_tcc.pdf. Acesso em: 7 out. 2024.

SOUZA, Rodrigues de; LEMOS, Queiroz; VARELLA, Martins. **Análise da operação e manutenção da usina solar fotovoltaica Mossoró II da UFERSA**. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/server/api/core/bitstreams/7138535d-031f-4208-a3f4-8a75dc722af8/content>. Acesso em: 7 out. 2024.

SOUZA, Wilison; SOUZA, Rubem; MINORI, Américo. Boas práticas de manutenção preventiva em sistemas fotovoltaicos. XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais...** ENEGEP, Maceió, 2018. Disponível em: https://www.cdeam.ufam.edu.br/images/Publicacoes_e_artigos/2018/2018_Art_2_CDEAM.pdf. Acesso em: 7

out. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). **Usina Solar na Ufersa: Energia Renovável para o Semiárido**. Publicado em: 17/01/2017. Atualizado em: 17/01/2017 as 16h49min. Disponível em: <https://assecom.ufersa.edu.br/2017/01/17/usina-solar-na-ufersa-energia-renovavel-para-o-semiarido/#:~:text=Ao%20todo%20foram%20instalados%20580,energia%20limpa%20para%20a%20Universidade>. Acesso em: 30 jul. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). **As Usinas Solares**. Publicado em: 17/03/2017. Atualizado em: 19/07/2023 as 10h54min. Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/>. Acesso em: 30 jul. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO (UFERSA). **Geração de energia elétrica**. Publicado em: 07/03/2017. Atualizado em: 25/05/2020 as 15h20min. Disponível em: <https://usinasolar.ufersa.edu.br/geracao-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 13 ago. 2024.

VIEIRA, Fernomar Batista. **Estudo sobre os riscos ocupacionais na manutenção de painéis solares em locais de difícil acesso**. 2019. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2019. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27394>. Acesso em: out. 2024.