

ANÁLISE DOS RISCOS OCUPACIONAIS EM INSTALAÇÕES DE MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA

ALLAN DAVID DA COSTA SILVA¹
GEORGE VICTOR ROCHA XAVIER²

RESUMO

O crescimento acentuado de instalações elétricas no setor de microgeração distribuída fotovoltaica resultou em um número expressivo de acidentes de trabalho nesse setor. Dentre as causas, há o elevado grau de informalidade presente nos regimes contratuais de trabalho, o baixo nível de qualificação dos trabalhadores, a não observância das Normas Regulamentadoras por parte das empresas e a ausência de uma fiscalização efetiva. A análise do estado arte mostrou que o número de trabalhos que avaliou essas instalações do ponto de vista da saúde e segurança no trabalho ainda é pouco expressivo. Assim, para preencher tal lacuna, este trabalho tem o objetivo de realizar uma avaliação dos riscos ocupacionais presentes em instalações de sistemas de microgeração distribuída fotovoltaica, a partir de um estudo de caso envolvendo três empresas localizadas no estado da Paraíba. Na avaliação, buscaram-se identificar as principais causas associadas aos acidentes de trabalho desse setor e avaliar o grau de conformidade das empresas com as Normas Regulamentadoras obrigatórias a esses serviços. Ao final, apresentou-se uma análise preliminar de risco envolvendo diferentes etapas de uma instalação fotovoltaica, de maneira a exemplificar como tal ferramenta pode ser aplicada de forma efetiva a esse contexto, promovendo a saúde e a segurança do trabalhador desse setor em ascensão no Brasil.

Palavras-Chave: Segurança do trabalho; Sistema fotovoltaico; Normas Regulamentadoras.

¹Engenheiro Eletricista e Engenheiro de Segurança do Trabalho. Aluno de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, allan.costa@ee.ufcg.edu.br.

² Engenheiro Eletricista, Mestre e Doutor em Engenharia Elétrica. Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Sergipe, george.xavier@ee.ufcg.edu.br.

OCCUPATIONAL RISK ANALYSIS IN DISTRIBUTED PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION INSTALLATIONS

ABSTRACT

The sharp growth of electrical installations in the distributed photovoltaic microgeneration sector has led to a significant number of workplace accidents in this field. Among the causes are the high degree of informality present in employment contractual arrangements, low worker qualification levels, non-compliance with Regulatory Standards by companies, and the absence of effective oversight. An analysis of the state of the art revealed that the number of studies assessing these installations from a workplace health and safety perspective is still relatively limited. Therefore, to address this gap, this work aims to conduct an assessment of occupational risks present in distributed photovoltaic microgeneration system installations, based on a case study involving three companies located in the state of Paraíba, Brazil. The evaluation sought to identify the primary causes associated with workplace accidents in this sector and assess the degree of compliance of companies with the mandatory Regulatory Standards governing these services. Subsequently, a preliminary risk analysis was presented, encompassing various stages of photovoltaic installation, to exemplify how this tool can be effectively applied in this context, promoting the health and safety of workers in this burgeoning sector in Brazil.

Keywords: Occupational Safety; Photovoltaic system; Regulatory Standards.

1. INTRODUÇÃO

A COVID-19 provocou uma crise sistêmica que impactou de forma negativa em diversos setores no mundo, em especial, na economia. Durante esse período, o Brasil viveu uma crise econômica profunda, motivada pelo aumento na inflação, o desemprego, as altas taxas de juros e a pior crise hídrica dos últimos anos (CARRANÇA, 2022). Por outro lado, um setor em específico manteve um crescimento acentuado: o setor de Geração Distribuída (GD) fotovoltaica (HEIN, 2021).

Segundo a ABSOLAR (2021), no Brasil a geração fotovoltaica cresceu 64% em 2020, tendo gerado 86 mil novos postos de trabalho, diretos e indiretos e, injetado 3,9 bilhões de reais nos cofres públicos por meio da arrecadação de impostos, os quais puderam ser revertidos em investimentos em diversos segmentos. Apesar desses benefícios, o aumento na demanda por instalações de sistemas fotovoltaicos trouxe um impacto latente à saúde e à segurança dos trabalhadores desse setor, dada a ausência da fiscalização efetiva desses serviços e o grau elevado de informalidade presente nos contratos de trabalho (RODRIGUES, 2022).

A chamada microgeração distribuída fotovoltaica, na qual as instalações estão próximas às unidades de consumo, passou a crescer significativamente com a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (ANEEL, 2012), a partir da qual se estabeleceram as diretrizes que permitiram ao consumidor brasileiro gerar sua própria energia e fornecer o excedente ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica (SDEE).

Arelado a esse crescimento, as distribuidoras de kits fotovoltaicos passaram a reduzir as exigências impostas às empresas integradoras, efetuando vendas diretas aos microempreendedores individuais e às pessoas físicas. Essa desburocratização associada à falta de fiscalização no setor impulsionaram a entrada de profissionais com qualificação técnica inadequada e de empresas sem um compromisso com a saúde e a segurança dos trabalhadores envolvidos na execução das instalações.

Nesse contexto, houve um aumento dos riscos ocupacionais aos quais esses trabalhadores foram expostos, tendo em vista a falta de investimentos em

Equipamentos de Proteção Individual (EPI), Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) e a inobservância das Normas Regulamentadoras (LIMA FILHO et al, 2021). Como consequência disso, o número de acidentes envolvendo instalações fotovoltaicas cresceu nos últimos anos, levando muitos trabalhadores à óbito (ABRACOPEL, 2022).

Segundo os dados do último relatório estatístico emitido pela Associação Brasileira de Conscientização para os Riscos com Eletricidade (ABRACOPEL), entre 2014 e 2022 houve uma média de 832 acidentes por ano envolvendo eletricidade e um total de 6311 mortes. A maior parte desses acidentes acometeu homens (87%), na faixa etária economicamente ativa, ou seja, entre 21 e 50 anos (60%), com o Nordeste liderando esses percentuais (45%) (DE SOUZA; MARTINHO e MARTINS, 2023). Adicionalmente, a subnotificação dos acidentes de trabalho formalizados pela emissão da Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) em serviços envolvendo eletricidade se aproxima de 80%, o que mascara a real gravidade desse problema (BRASIL, 2021a).

A análise minuciosa do estado da arte revelou que o número de trabalhos que analisou instalações fotovoltaicas sob a perspectiva da Saúde e Segurança no Trabalho (SST) no Brasil ainda não é significativo. No entanto, um ponto comum observado pelos autores é que os trabalhadores envolvidos nessas instalações, de fato, estão expostos a uma série de riscos ocupacionais.

Kurata (2016) deu uma contribuição importante nessa área, propondo um modelo de Análise Preliminar de Risco (APR) aplicável às instalações, de forma a prever os riscos e as consequências presentes em cada etapa da execução. No entanto, não houve dados estatísticos de acidentes ou análises em campo, o que resultou em uma avaliação de riscos com um teor empírico. Alguns anos depois, Germano (2019) realizou uma análise, qualitativa e quantitativa, referente à conformidade do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) implantado por uma empresa no estado de Santa Catarina. Durante a pesquisa não foram observadas inconformidades com as NR. No entanto, a análise se restringiu a uma única empresa, o que tornou os resultados pouco representativos.

Em seguida, Lima Filho et al (2021) realizaram uma análise dos riscos aos quais os trabalhadores são expostos durante a instalação desses sistemas a partir de registros fotográficos na cidade do Amazonas. No entanto a pesquisa se restringiu ao método qualitativo, não havendo análises estatísticas referentes aos empregadores, trabalhadores ou acidentes de trabalho. Já Rodrigues (2022) buscou analisar os riscos presentes nessas instalações a partir de questionários aplicados em cinco empresas localizadas na cidade de Maceió. Os resultados evidenciaram que a maior parte dos trabalhadores possuíam menos de 2 anos de experiência, não haviam concluído o ensino médio e se sentiam desconfortáveis quanto ao uso dos EPI. Esse trabalho trouxe dados compatíveis com a realidade de outras áreas, como, por exemplo, a construção civil, evidenciando o despreparo técnico desses trabalhadores. No entanto, a aplicação dessa única abordagem tornou os resultados da análise dos riscos imprecisos.

Portanto, de forma a colaborar com o preenchimento dessas lacunas, este artigo realizou um estudo de caso envolvendo três empresas do setor de microgeração distribuída do tipo fotovoltaica no estado da Paraíba. O objetivo é avaliar os riscos ocupacionais presentes nessas instalações, bem como analisar as NR obrigatórias à execução desses serviços e as obrigações legais das empresas responsáveis por essas instalações com os trabalhadores, sejam eles terceirizados ou em regime de contrato conforme a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). Adicionalmente, realizaram-se três APR, em conformidade com as exigências previstas pela NR, de maneira a exemplificar como essa ferramenta pode se tornar uma aliada à prevenção de acidentes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção é apresentado um breve resumo dos conceitos mais relevantes à compreensão deste trabalho, a saber: conceitos sobre segurança ocupacional, microgeração distribuída fotovoltaica, riscos ocupacionais e regimes contratuais de trabalho.

2.1. Conceitos Iniciais

Conforme Alli (2008), o conceito de SST está relacionado a um conjunto de medidas que visam proteger a saúde e o bem-estar dos trabalhadores, prevenindo riscos ocupacionais no ambiente de trabalho. Na Tabela 1 são enumerados os principais riscos ocupacionais previstos pela legislação do trabalho.

Tabela 1: Fatores de risco ocupacionais.

Físico	Químico	Biológico	Ergonômico	Acidente
Ruído	Poeira	Vírus	Esforço físico intenso	Máquinas sem proteção
Vibração	Fumo	Bactérias	Levantamento manual de peso	Animais peçonhentos
Radiação Ionizante ou Não	Névoa e Neblina	Fungos	Monotonia Repetitiva	Ferramentas inadequadas
Frio ou Calor	Gases e Vapores	Protozoários	Jornadas de trabalho excessivas	Eletricidade
Pressão Anormal ou Umidade	Produtos Químicos	Parasitas	Postura inadequada	Probabilidade de incêndio

Fonte: Reproduzido de Fernandes (2016).

Segundo o Art. 19 da Lei nº 8.213/91, o acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade de trabalho.

Nos locais de trabalho existem inúmeras situações de risco passíveis de provocar um acidente de trabalho. Logo, a análise desses riscos em todas as operações do processo laboral é essencial para a prevenção de acidentes. Faria (2011), conforme é mostrado na Tabela 2, classificou esses riscos em relação à Frequência (F), Severidade (S) e Índice de Risco (IR), o qual corresponde ao produto de S por F.

Tabela 2: Classificação dos riscos ocupacionais.

Frequência		Severidade		Índice de Risco	
Grau	Ocorrência	Grau	Efeito	IR	Nível de Ação
1	Improvável	1	Leve	$IR \leq 3$	Não requer detecção ou prevenção (Risco Trivial)
2	Possível	2	Moderado	$4 \leq IR \leq 6$	Não requer ação imediata (Risco Tolerável)
3	Ocasional	3	Grande	$8 \leq IR \leq 10$	Requer uma ação de curto prazo (Risco Moderado)
4	Regular	4	Severo	$12 \leq IR \leq 20$	Detecção e Prevenção Imediatas (Relevante)
5	Certo	5	Catastrófico	$IR > 20$	Contenção imediata e interrupção do serviço (Intolerável)

Fonte: Reproduzido de Faria (2011).

Microgeração Distribuída Fotovoltaica

A GD é definida pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) como centrais geradoras de energia conectadas diretamente ao SDEE ou a partir de unidades consumidoras despachadas ou não pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (LUCENA, 2020). Essas centrais geradoras são classificadas pela ANEEL conforme a sua capacidade de geração (ANEEL, 2012):

- **Microgeração** (≤ 75 kW);
- Minigeração (>75 kW ou ≤ 5 MW);
- Usina (> 5 MW).

O Brasil, no ano de 2023, atingiu 18 gigawatt de potência instalada em GD do tipo fotovoltaica (BRASIL, 2023). Segundo Lucena (2020), esse desenvolvimento trouxe uma série de benefícios aos cidadãos brasileiros, dentre eles, a geração de empregos, a redução dos impactos ambientais e a melhoria na qualidade de energia elétrica.

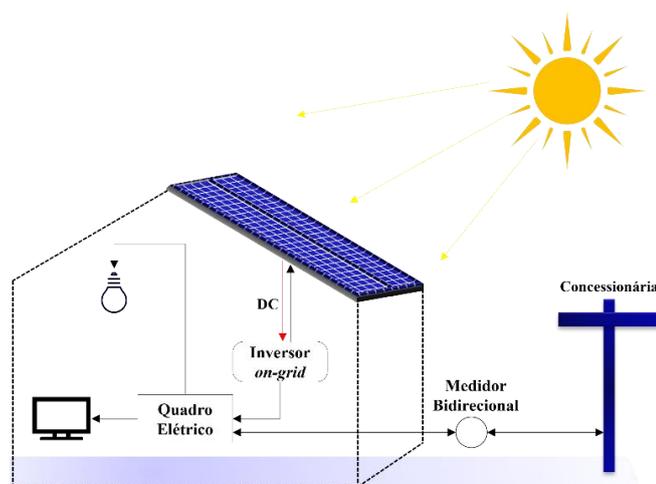
Riscos Ocupacionais em Instalações Fotovoltaicas

O processo de instalação de um sistema de microgeração distribuída fotovoltaica possui três etapas essenciais: a homologação, que é realizada por um profissional habilitado com formação técnica em eletrotécnica ou bacharelado em engenharia elétrica, junto à concessionária de energia local e tem duração de 15 dias; a etapa de execução, que requer uma equipe de montagem formada por 2 ou 3 profissionais sem formação específica e um técnico ou engenheiro para realizar o comissionamento da instalação, o que, em geral, tem duração de até 3 dias. E, por fim, a etapa de vistoria realizada pela concessionária para verificar as conformidades técnicas da instalação.

Essencialmente, esses sistemas são formados por: módulos fotovoltaicos que operam com tensão e corrente contínuas e, em geral, são instalados no telhado; um inversor de frequência para converter a energia elétrica gerada pelos módulos para tensão e corrente alternadas, permitindo o fornecimento de energia aos equipamentos

da unidade consumidora; equipamentos de proteção para o seccionamento do circuito em caso de manutenção ou segurança da instalação; e o medidor de energia bidirecional, o qual relaciona o quanto de energia foi consumido pela unidade e o quanto de energia foi fornecido para a concessionária, resultando em créditos para o consumidor no caso de um balanço positivo entre fornecimento/consumo (PINHO; GALDINO, 2021), conforme é mostrado na Figura 1.

Figura 1: Esquemático de um sistema fotovoltaico.



Fonte: Autoria própria.

A partir do sistema descrito, pode-se observar que a instalação de sistemas fotovoltaicos expõe os trabalhadores aos seguintes riscos: acidentes, uma vez que os equipamentos estão conectados à rede e, portanto, podem causar choques elétricos, bem como quedas, dada a localização da instalação dos módulos; ergonômico, quando a empresa não proporciona equipamentos de elevação para os módulos fotovoltaicos; físico, tendo em vista que os trabalhadores estão expostos a condições meteorológicas incertas, ruído e picada de insetos e; químico, tendo em vista que o local pode ser propício a poeira (KURATA, 2016).

Normas Regulamentadoras Mais Relevantes

As NR são elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e são de observância obrigatória pelas organizações e pelos órgãos públicos da administração

direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo, Judiciário e Ministério Público, que possuam empregados regidos pela CLT (BRASIL, 2022a).

Tendo em vista os propósitos deste trabalho, as NR mais relevantes são:

- NR 06 – Equipamentos de Proteção Individual: estabelece os requisitos para aprovação, comercialização, fornecimento e utilização de Equipamentos de Proteção Individual – EPI (BRASIL, 2022b).
- NR 09 – Avaliação e Controle de Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos: estabelece os requisitos para a avaliação das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos quando identificados no Programa de Gerenciamento de Riscos - PGR, previsto na NR 1, a qual estabelece as disposições gerais e as medidas de prevenção em SST (BRASIL, 2021b).
- NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: estabelece os requisitos e condições mínimas, objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (BRASIL, 2019a).
- NR 17 – Ergonomia: visa estabelecer as diretrizes e os requisitos que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente no trabalho (BRASIL, 2022c).
- NR 21 – Trabalhos a Céu Aberto: é obrigatória a existência de abrigos para a proteção contra intempéries e medidas que protejam os trabalhadores contra a insolação excessiva, o calor, o frio, a umidade e os ventos (BRASIL, 1999).
- NR 35 – Trabalho em Altura: estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade (BRASIL, 2019b).

Terceirização e CLT

A legislação do trabalho em vigor no Brasil evoluiu conjuntamente com a sociedade de forma gradual, sofrendo a influência de sindicatos, mudanças sociais e documentos internacionais de referência, como, por exemplo, a Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH). Ela encontra suas bases nos textos da Constituição Federal de 1988 e da CLT, havendo o destaque para os seguintes trechos:

Toda a pessoa tem direito ao trabalho, à livre escolha do trabalho, a condições equitativas e satisfatórias de trabalho e à proteção contra o desemprego. Todos têm direito, sem discriminação alguma, a salário igual por trabalho igual (Artigo 23º da DUDH).

Os trabalhadores têm direito a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança (Inciso XXII do Artigo 7º da Constituição).

Considera-se empregado toda pessoa física que prestar serviços de natureza não eventual a empregador, sob a dependência deste e mediante salário (Artigo 3º da CLT).

Portanto, trabalhadores enquadrados nos termos da CLT tem direito a condições seguras para executar suas atividades, sendo de responsabilidade do empregador (MTE, 2022):

- Informar aos trabalhadores os riscos ocupacionais existentes nos locais de trabalho, bem como as medidas de prevenção adotadas pela empresa para eliminar ou reduzir tais riscos;
- Determinar procedimentos que devem ser adotados em caso de acidente ou doença relacionada ao trabalho, incluindo a análise de suas causas;
- Emitir CAT, em caso de acidente, em até um dia útil.

No que concerne aos serviços desempenhados por terceiros, a Lei Nº 13.429 de 31 de março de 2017 garante que qualquer que seja o ramo da empresa tomadora de serviços, não existirá vínculo de emprego entre ela e os trabalhadores contratados pelas empresas de trabalho temporário. No entanto, ela é subsidiariamente responsável pelas obrigações trabalhistas referentes ao período em que ocorrer o trabalho temporário. Além disso, em caso de acidente de trabalho, a responsabilidade do tomador de serviço se torna subjetiva, prevalecendo o seguinte entendimento:

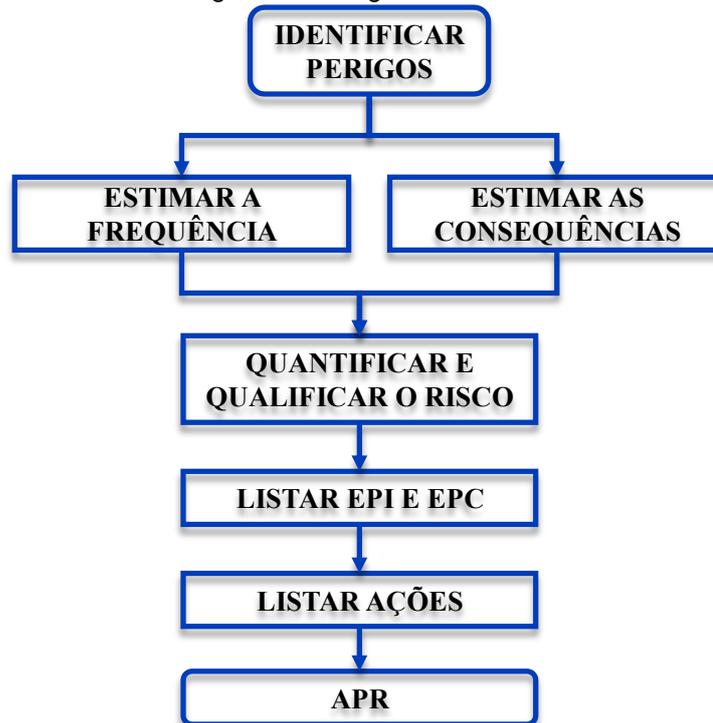
Em caso de terceirização de serviços, o tomador e o prestador respondem solidariamente pelos danos causados à saúde dos trabalhadores. Inteligência dos artigos 932, III, 933 e 942, parágrafo único, do Código Civil e da Norma Regulamentadora 4 (Portaria 3.214/77 do Ministério do Trabalho e Emprego).

3. METODOLOGIA

A análise apresentada neste trabalho foi realizada a partir de uma revisão sistemática da literatura, na qual foram buscados trabalhos relacionados à avaliação e à gestão de riscos ocupacionais (FARIA, 2011; FERNANDES, 2016), riscos em instalações fotovoltaicas (GERMANO, 2019; LIMA FILHO et al, 2021; RODRIGUES, 2022) e análises da legislação vigente (Portaria 3.214/77 do MTE). Para isso, foram utilizados os trabalhos disponibilizados em repositórios de referência, como os documentos disponibilizados pelo MTE. Quanto aos aspectos metodológicos, esta pesquisa é classificada como aplicada, com objetivo descritivo e abordagem qualitativa.

No que concerne ao estudo de caso, o método utilizado é dedutivo, baseado na análise e na interpretação das imagens e dos relatos obtidos durante visitas às instalações realizadas por três empresas: A, B e C, localizadas nas cidades de Campina Grande e João Pessoa. O objetivo é identificar e qualificar os riscos ocupacionais presentes em etapas distintas da instalação, além de verificar a situação contratual corrente dos funcionários, a qualificação e o fornecimento de EPI/EPC. Ao final, realizou-se uma APR para cada etapa da instalação, conforme o fluxograma mostrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma da APR.



Fonte: Adaptado de Kurata (2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados foi conduzida a partir dos dados apresentados nos Quadros 1 a 4, os quais incluem a imagem da situação de risco, a descrição da forma contratual de trabalho, a definição da atividade que está sendo realizada, a enumeração dos principais riscos presentes e os EPI/EPC ausentes. Para a discussão foram consideradas como referência as diretrizes previstas pelas NR.

Quadro 1: Fixação das Estruturas.

Empresa A – Funcionários Terceirizados Atividade: Fixação das Estruturas - Desenergizado	Riscos Presentes	EPI/EPC Ausentes
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Queda 2. Lesões musculares 3. Perfuração 4. Insolação 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bota 2. Capacete 3. Luva 4. Linha de Vida 5. Trava-quedas 6. Touca Árabe

Fonte: Autoria própria.

Na situação apresentada no Quadros 1 os trabalhadores estão expostos a quatro diferentes riscos, são eles: lesões musculares, dadas as posturas inadequadas por um tempo prolongado de, em média, 8 horas, o que vai de encontro às recomendações estabelecidas pela NR 17; o risco de perfuração para um dos trabalhadores, tendo em vista a ausência de calçado adequado, conforme a NR 6; o risco de queda fatal, uma vez que os trabalhadores estão a uma altura superior a 2 metros, sem o uso de capacete, trava-quedas ou talabarte, em desacordo às recomendações das NR 6 e 35.

Quadro 2: Fixação dos Módulos.

Empresa A – Funcionários Terceirizados Atividade: Fixação dos Módulos - Desenergizado	Riscos	EPI/EPC Ausentes
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Queda 2. Lesões Musculares 3. Perfuração 4. Insolação 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacete 2. Luva 3. Trava-quedas 4. Linha de vida

Fonte: Autoria própria.

Na imagem mostrada no Quadro 2, há riscos similares aos apresentados pelo Quadro 1, no entanto, neste caso o trabalhador transita pela instalação a uma altura de 8 metros, sem o uso de capacete (NR 6), trava-quedas ou talabarte (NR 35) e está exposto ao risco de lesões musculares, dado o esforço físico exigido nesta etapa por um tempo prolongado (NR 17).

Verificou-se que o tomador de serviços, definido como empresa A, forneceu os EPI necessários, o que foi comprovado pela ficha de entrega. No entanto, esses trabalhadores consideram o uso dos EPI desnecessário, desconfortável e sugerem que causam um atraso ao serviço. Outro ponto importante, é que o trabalhador que aparece em pé no Quadro 1 desconhece as NR, corroborando a informação inicial da baixa qualificação dos trabalhadores envolvidos nessas instalações.

Quadro 3: Manutenção dos Módulos.

Empresa B – Funcionário em regime CLT Atividade: Manutenção dos Módulos – Energizado	Riscos	EPI/EPC Ausentes
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Queda 2. Choque elétrico 3. Insolação 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bota 2. Capacete 3. Luva 4. Touca árabe 5. Trava-quedas 6. Linha de Vida

Fonte: Autoria própria.

Na situação apresentada no Quadro 3 o trabalhador esteve exposto à irradiação ultravioleta solar por aproximadamente 2 horas consecutivas. Portanto, ainda que ele estivesse utilizando o protetor solar, as NR 9 e 21 evidenciam a necessidade da adoção de medidas especiais para evitar a insolação, como, por exemplo, a utilização da touca árabe e a realização intervalos durante a execução do serviço.

Observa-se também, que o funcionário não utilizou trava-quedas, o que é obrigatório para trabalhos realizados a uma altura superior a 2 metros de altura, conforme a NR 35. Além disso, ele realizou o serviço sem capacete de proteção, luvas de proteção e calçado adequado, em desacordo à NR 6. Portanto, nessa situação há os riscos de queda e choque elétrico fatais.

O funcionário da empresa B afirmou conhecer as NR 35 e NR 10, cujos treinamentos foram fornecidos gratuitamente pelo empregador. No entanto, assim como foi observado na situação anterior, esse trabalhador também relatou um desconforto quanto ao uso dos EPI. Assim, nota-se que ausência de um profissional qualificado responsável por essa fiscalização torna esses riscos inevitáveis.

Quadro 4: Conexão dos cabos de entrada.

Empresa C – Funcionário Terceirizado		
Atividade: Ajuste nos Cabos de Entrada – Energizado	Riscos	EPI/EPC Ausentes
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Queda 2. Perfuração 3. Choque Elétrico 4. Isolação 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bota 2. Capacete 3. Roupa antichama 4. Luva de proteção 5. Linha de vida 6. Talabarte 7. Trava-quedas 8. Touca árabe 9. Sinalização

Fonte: Autoria própria.

Na imagem mostrada no Quadro 5, o eletricista está executando uma mudança dos cabos que conectam a residência à rede elétrica. Esse trabalhador está exposto a um risco com severidade elevada de queda de uma altura de 4 metros, uma vez que não está fazendo uso de capacete de proteção, talabarte ou trava-quedas e está realizando uma operação não assistida, portanto, em desacordo às exigências previstas nas NR 6 e 35; choque elétrico, uma vez que ele está realizando um serviço com a rede elétrica energizada com nível de tensão 220 V Fase-Terra, sem utilizar luvas de proteção e calçados com isolamento adequado. Além disso, não se observaram a fixação da escada e a sinalização adequada do local, o que pode potencializar o risco de queda e a segurança de outras pessoas que transitam na rua próxima à residência. Esse trabalhador afirmou ter conhecimento das NR 10 e 35, no entanto, assim como nas situações anteriores, opta por não utilizar os EPI para agilizar o serviço.

Para as três empresas não houve relatos de acidentes fatais ou de doenças incapacitantes decorrentes desses serviços. No entanto, os profissionais mencionaram como corriqueiros acidentes de menor gravidade, como, por exemplo, lesões com martelo, perfurações, pancadas e choques elétricos de curta duração.

Uma alternativa para minimizar a ocorrência desses acidentes e de acidentes fatais é realizar uma APR conforme a exigência da NR 1 para cada etapa da instalação, a saber: montagem da escada, fixação dos pontos de ancoragem, transporte dos módulos fotovoltaicos, fixação das estruturas, montagem das *strings*, passagem do cabeamento elétrico, fixação do inversor e conexão elétrica com a rede. Um exemplo de APR para três etapas da instalação de um sistema de microgeração distribuída fotovoltaica, seguindo a metodologia proposta por Kurata (2016), é apresentado nos Quadros 5 a 7.

Quadro 5: Montagem da escada/andaimes.

ATIVIDADE:		Montagem da Escada/Andaime						
Riscos	Causa	Conseq.	F	S	IR	Recomendações	EPI	EPC
Queda	Mau uso ou ausência de EPI/EPC	Morte	3	5	15	1. Uso de EPI/EPC 2. Treinamento	1. Capacete 2. Óculos 3. Bota 4. Luva 5. Talabarte 6. Protetor solar	1. Sinalização visual 2. Linha de vida
		Lesões	2	3	6			
Insolação	Exposição excessiva ao sol	Queimadura	3	2	6	1. Touca Árabe 2. Intervalos		

Fonte: Autoria própria.

Quadro 6: Conexão elétricas em corrente contínua.

ATIVIDADE:		Conexão dos módulos fotovoltaicos						
Riscos	Causa	Conseq.	F	S	IR	Recomendações	EPI	EPC
Queda	1. Ausência de EPI/EPC	Morte	3	5	15	1. Uso de EPI/EPC 2. Treinamento	1. Capacete 2. Óculos 3. Bota 4. Luva 5. Trava-queda 6. Protetor solar	1. Linha de vida
		Lesões	4	3	12			
Insolação	1. Exposição excessiva ao sol	Queimadura	3	2	6	1. Touca Árabe 2. Intervalos		
Choque Elétrico	1. Falta de atenção 2. Ausência de EPI	Queda	3	4	12	1. Utilizar EPI 2. Treinamentos		
		Queimadura	1	2	2			
		Morte	3	5	15			
Lesão Muscular	1. Ergonomia Inadequada	Dor Muscular	1	1	1	1. Descanso 2. Alongamento		
		Problema Postural	1	1	1			

Fonte: Autoria própria.

Quadro 7: Conexões elétricas em corrente alternada.

ATIVIDADE:		Conexões dos quadros elétricos, proteções, inversores e cabos de entrada						
Riscos	Causa	Conseq.	F	S	IR	Recomendações	EPI	EPC
Choque Elétrico	1. Falta de atenção 2. Ausência de EPI	Queda	2	3	6	1. Utilizar EPI 2. Treinamentos	1. Capacete 2. Óculos 3. Bota 4. Luva 5. Trava-queda 6. Protetor solar	1. Linha de vida
		Queimadura	1	5	5			
		Morte	3	5	15			
Acidente com Equipamentos	1. Falta de atenção 2. Equipamento em mau estado 3. Imperícia	Queimadura	2	2	4	1. Utilizar EPI 2. Conferir os Equipamentos		
		Perfuração	1	2	2			

Fonte: Autoria própria.

Nota-se, nos Quadros 5 a 7, que as quedas e os choques elétricos possuem os maiores IR, tendo em vista o grau de severidade, mostrado em vermelho, associado a esses riscos. Observa-se também, que a APR prever os riscos, os associa às causas correspondentes, qualifica esses riscos com números e cores, apresenta as possíveis consequências e enumera os EPI/EPC obrigatórios ao serviço. Portanto, se trata de uma ferramenta simples, intuitiva e poderosa para prevenir acidentes trabalho, que pode ser facilmente implementada por empresas de grande ou pequeno porte.

5. CONCLUSÃO

A avaliação dos riscos presentes em instalações de microgeração distribuída fotovoltaica, propósito central deste artigo, alcançou o resultado desejado, uma vez que se evidenciaram as causas e as consequências dos acidentes de trabalho desse setor do ponto de vista da legislação vigente, em especial, das NR.

Constatou-se que o setor possui uma forte semelhança com o setor de construção civil, tendo em vista o expressivo número de acidentes e o grande número de trabalhadores informais com baixo nível de qualificação. No entanto, há o agravante do tempo curto de instalação e a baixa quantidade de funcionários, o que torna a elaboração de uma regulamentação específica para o setor mais desafiadora, enfraquecendo a fiscalização.

Outrossim, a partir da análise dos riscos presentes em cada etapa da instalação, constatou-se que os trabalhadores envolvidos estão expostos a uma

grande quantidade de riscos com efeito catastrófico e, na maioria das vezes, sem o uso dos EPI obrigatórios. A literatura evidenciou que esses riscos não trazem consequências apenas à saúde dos trabalhadores, como também há a possibilidade de um risco legal para as empresas, tendo em vista que elas possuem responsabilidade sobre os trabalhadores, sejam regime CLT ou terceirizados.

Evidenciou-se, portanto, que a elaboração de uma APR por um profissional qualificado, contemplando as etapas descritas, é uma das alternativas mais factíveis para prevenir acidentes fatais e melhorar as condições de trabalho. No entanto, para torná-la uma medida efetiva, há a necessidade de uma regulamentação específica para o setor e uma maior fiscalização por parte do Conselho de Engenharia e Agronomia de cada estado.

A partir dessas análises, espera-se fornecer subsídios para a adoção de medidas que possam contribuir para a melhoria das condições de trabalho e para a redução dos acidentes de trabalho nesse setor em ascensão no Brasil. Em estudos futuros haverá uma ampliação da quantidade de empresas selecionadas para melhorar a contribuição desse estudo científico.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. 2004. Versão Corrigida, 2008.

ABRACOPEL. **Sistemas Fotovoltaicos e a Preocupação com Eletricidade**. 2022. Disponível em: <<https://tinyurl.com/j9jntnjv>>. Acesso em: 1 maio 2023.

ABSOLAR. **Setor Fotovoltaico Gerou mais de 86 Mil Empregos no Brasil em 2020**. 2021. Disponível em: <<https://tinyurl.com/4562uvjb>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

ALLI, BENJAMIN O. **Fundamental Principles of Occupational Health and Safety**. 2. ed. Geneva: INTERNATIONAL LABOUR OFFICE, 2008.

ANEEL, R. N. N. 482. **Estabelece as Condições Gerais para o Acesso de Microgeração e Minigeração Distribuída aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e dá Outras Providências**. V. 17, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Capacidade Instalada de Geração Solar Cresce e Atinge 18 GW**. Disponível em: <https://tinyurl.com/yckmn5tt>. Acesso em: 30 jul. 2023.

BRASIL. MINISTÉRIO E PREVIDÊNCIA. **Análise de Impacto Regulatório: Norma Regulamentadora Nº 10**. BRASÍLIA, 2021a.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 01 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**. Brasília, 2022a.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2019a.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 35 – Trabalho em Altura**. Brasília, 2019b.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 09 – Avaliação e Controle de Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos**. Brasília, 2021b.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 06 – Equipamentos de Proteção Individual**. Brasília, 2022b.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia**. Brasília, 2022c.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 21 – Trabalho a Céu Aberto**. Brasília, 1999.

CARRANÇA, THAIS. **Por Que Expectativas Para Economia Do Brasil Em 2022 Estão Piorando Rapidamente** - BBC News Brasil. Disponível em: <<https://tinyurl.com/sxc9hxcr>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

DE SOUZA, DANILO FERREIRA; MARTINHO, EDSON; MARTINHO, MEIRE BIUDES; MARTINS JR. WALTER AGUIAR (ORG.). **Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 – Ano Base 2022**. Salto-SP: Abracopel, 2023.

FARIA, M.T. **Gerência De Riscos**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. UTFPR, Curitiba, 2011.

FERNANDES, D. S. **Sinalização De Segurança Em Uma Indústria: Estudo De Caso**. Monografia. UTFPR, Curitiba, 2016.

GERMANO, A. N. **Um Estudo Comparativo Do Programa De Prevenção De Riscos Em Ambientes De Trabalho - PPRA e a Prática Efetiva de Instalações de Sistemas Fotovoltaicos em uma Empresa S/A de Geração e Distribuição de Energia Solar**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). UNISUL, 2019.

HEIN, Henrique. **GD Registra Crescimento Durante a Pandemia**. Disponível em:< <https://tinyurl.com/ms6b4v25>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

KURATA, Marcos. **Análise De Riscos Em Instalações De Sistemas Fotovoltaicos**. 2016. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – DACOC, UTFPR: Curitiba, 2016.

LIMA FILHO, A. A. et al. **Análise dos Riscos Ocupacionais em Instalações de Sistemas Fotovoltaicos na Cidade de Manaus – AM. Research, Society And Development**, 2021.

LUCENA, M. D. **Um Algoritmo Baseado na Busca Tabu para Localização Ótima de Geradores Fotovoltaicos**. 99 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) — UFCG: Campina Grande, 2020.

PINHO, J. T; GALDINO, M. A. **Manual De Engenharia Para Sistemas Fotovoltaica**. Rio de Janeiro: Cepel, 2014.

RODRIGUES, G. V. W. **Análise Dos Riscos De Acidentes Em Instalações De Sistemas Fotovoltaicos Em Residências De Maceió**. UFAL: Maceió, 2022.