UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

MARCOS EDUARDO EIDI KURATA

ANÁLISE DE RISCOS EM INSTALAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA
2016

MARCOS EDUARDO EIDI KURATA

ANÁLISE DE RISCOS EM INSTALAÇÕES DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Segurança do Trabalho, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Higiene e Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior

CURITIBA

2016

AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre estar presente na minha vida e de todos que nele confiam.

À minha esposa pelo suporte e compreensão em todos os momentos da especialização e na vida.

Aos meus pais que me ajudaram toda a vida, me deram todo o suporte e educação para alcançar todos os objetivos.

Aos meus irmãos e primos, por me inspirarem e darem incentivos para realizar meus objetivos.

Ao meu avô por ser meu ídolo, espelho de atitudes, admiração, respeito, honestidade e todos os ensinamentos passados até hoje.

Ao Professor Jair Urbanetz Junior por me orientar nesta etapa da especialização e ceder um precioso tempo ao meu ensinamento.

RESUMO

KURATA, Marcos. Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos. 2016. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

O Brasil possui uma excelente posição geográfica com altos níveis de irradiação, além da vasta área territorial, beneficiando um modelo de geração de energia através de fontes renováveis e limpas tal como a geração fotovoltaica.

Visando o cenário propício ao Brasil, esta monografia tem como objetivo analisar os riscos aos instaladores de sistemas fotovoltaicos, além de analisar as causas e consequências de um acidente, de acordo com frequência e severidade, apontando assim soluções e procedimentos a fim de garantir a segurança e minimizar os riscos aos trabalhadores, atendo as normas regulamentadoras e legislações trabalhistas brasileiras.

Para que este trabalho fosse realizado, alguns métodos foram necessários para chegar ao resultado final, tais como: pesquisas de dados dos potenciais elétricos do Brasil, pesquisas de acidentes similares aos de um sistema fotovoltaico, análise de normas, estudo de funcionamento dos equipamentos e análise de risco para cada atividade que envolve a instalação de um sistema fotovoltaico.

Conclui-se que as análises de riscos das atividades melhora e instrui os trabalhadores e gestores para os possíveis riscos e acidentes que uma instalação mal gerida ou realizada pode causar, evitando assim danos maiores aos envolvidos.

.

Palavras-chave: Fotovoltaico, Energia Renovável, Segurança do Trabalho.

ABSTRACT

KURATA, Marcos. Risks analises in photovoltaic installations. 2016. Monograph (Specialization in Occupational Safety Engineering) – Academic Departamento of Civil Constrution. Federal Technology University of Paraná. Curitiba, 2016.

Brazil has an excellent geographical position with high levels of radiation, in addition to the vast land area, benefiting an power generation model through renewables and clean sources such as the photovoltaic generation.

Aimed the scenario conducive to Brazil, this monography has the objective to analyze the risks to the photovoltaic installers, in addition of analyze the causes and consequences of an accident, according to frequency and severity, thus indicating solutions and procedures to ensure security and minimize risks to workers, attend the appropriate standards and Brazilian labor law.

For this work be realized, some methods was necessary to get the final results, such as: data research about the Brazilian electrical potential, research similar accidents to a photovoltaic system, standards analyzes, research of how the equipments work and analyze the risks for each activity involve in photovoltaic system.

It was concluded that the analyzes of risks for each activity improve and instruct the workers and managers to possible risks and accidents that a badly managed or performed can cause, thus avoiding further harm to those involved.

Key words: Photovoltaic, Renewable Energy, Occupational Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Radiação Solar no plano inclinado no Brasil 22
Figura 2 – Mapa de Radiação Solar no plano inclinado na Alemanha..... 23
Figura 3 – SFCR residencial..... 24
Figura 4 – SFCR corporativo 25
Figura 5 – Parque Solar de Tubarão - SC..... 25
Figura 6 – Módulo Fotovoltaico Policristalino..... 26
Figura 7 – Inversor Solar 26
Figura 8 – Estrutura de fixação..... 27
Figura 9 – Cabos..... 27
Figura 10 – Percentagem da corrente que circula pelo coração 33
Figura 11 – Capacete aba frontal com jugular..... 40
Figura 12 – Capacete aba frontal com viseira 40
Figura 13 – Óculos de proteção com tonalidade escura 41
Figura 14 – Óculos de proteção incolor..... 41
Figura 15 – Protetor auditivo tipo inserção 41
Figura 16 – Protetor auditivo tipo concha 42
Figura 17 – Luva de vaqueta 42
Figura 18 – Luva isolante de borracha 42
Figura 19 – Bota 43
Figura 20 – Protetor respiratório 44
Figura 21 – Protetor solar 44
Figura 22 – Cinto de segurança tipo paraquedista..... 45
Figura 23 – Tabalarte tipo “Y” com ABS 45
Figura 24 – Trava queda com mosquetão..... 46
Figura 25 – Subida e descida..... 46
Figura 26 – Subida e descida vertical e horizontal..... 47
Figura 27 – Subida e descida em andaimes e escadas móveis 48
Figura 28 – Movimentação horizontal 49
Figura 29 – Cone de sinalização..... 49
Figura 30 – Fita de sinalização..... 49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE) 18
Quadro 2 – Classes da luva isolante de borracha 43
Quadro 3 – Frequência ou probabilidade de ocorrência de acidentes ou danos 52
Quadro 4 – Nível de severidade de acidentes que possam ocorrer 52
Quadro 5 – Índice de risco e gerenciamento das ações a serem tomadas 53
Quadro 6 – APR Trajeto de percurso 54
Quadro 7 – APR Montagem de escada e/ou andaime 55
Quadro 8 – APR Montagem de escada e/ou andaime 56
Quadro 9 – APR Fixação da linha da vida 57
Quadro 10 – APR Fixação da linha da vida 57
Quadro 11 – APR Carga e descarga dos equipamentos – manualmente 58
Quadro 12 – APR Carga e descarga dos equipamentos – manualmente 59
Quadro 13 – APR Carga e descarga dos equipamentos – Utilizando plataforma elevatória ... 60
Quadro 14 – APR Fixação das estruturas de suportação módulos fotovoltaicos 61
Quadro 15 – APR Conexão elétrica entre os módulos fotovoltaicos 62
Quadro 16 – APR Fixação das estruturas para cabeamento elétrico – em altura superior a 2 metros 63
Quadro 17 – APR Fixação das estruturas para cabeamento elétrico – em altura inferior a 2 metros 64
Quadro 18 – APR Passagem do cabeamento elétrico desenergizado – em altura superior a 2 metros 65
Quadro 19 – APR Passagem do cabeamento elétrico desenergizado – em altura inferior a 2 metros 66
Quadro 21 – APR Fixação do(s) inversor(es) solar e proteções elétricas 67
Quadro 22 – APR Conexão elétrica dos módulos fotovoltaicos com o inversor e proteções .. 68
Quadro 23 – APR Conexão elétrica do(s) inversor(es) e proteções com a rede elétrica 69

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 18
1.1. OBJETIVOS 20
1.1.1. OBJETIVO GERAL 20
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20
1.2. JUSTIFICATIVA 21
2. REVISÃO DA LITERATURA 21
2.1. A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL 21
2.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE 24
2.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 25
2.2.2. INVERSOR SOLAR 26
2.2.3. ESTRUTURA DE FIXAÇÃO 26
2.2.4. CABOS 27
2.2.1. PROTEÇÕES ELÉTRICAS 27
2.2.2. TRANSFORMADOR 28
2.3. ACIDENTES DE TRABALHO 29
2.4. SEGURANÇA EM ELETRICIDADE 30
2.4.1. NR-10 30
2.4.2. RISCOS EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE 31
2.4.3. CHOQUE ELÉTRICO 31
2.4.3.1. EFEITOS DO CHOQUE ELÉTRICO 32
2.4.3.1. QUEIMADURAS 34
2.4.4. MEDIDAS DE CONTROLE AOS RISCOS ELÉTRICOS 34
2.4.4.1. DESENERGIZAÇÃO 34
2.4.4.2. ATERRAMENTO 35
2.4.4.3. BARREIRAS E INVÓLUCROS 35
2.4.4.4. BLOQUEIOS E IMPEDIMENTOS 36
2.4.4.5. OBSTÁCULOS E ANTEPAROS 36
2.5. SEGURANÇA DE TRABALHO EM ALTURA 36
2.5.1. NR-18 36
2.5.2. NR-35 37
2.6. USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 39

2.6.1.1. CAPACETE ABA FRONTAL COM JUGULAR 40
2.6.2. CAPACETE ABA FRONTAL COM VISEIRA 40
2.6.3. ÓCULOS DE PROTEÇÃO 40
2.6.4. PROTETOR AUDITIVO 41
2.6.5. LUVA 42
2.6.6. BOTA 43
2.6.7. PROTETOR RESPIRATÓRIO 43
2.6.8. PROTETOR SOLAR 44
2.6.9. CINTO DE SEGURANÇA TIPO PARAQUEDISTA 45
2.6.1. TALABARTE TIPO “Y” E TRAVA QUEDA 45
2.7. UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS 46
2.8. USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC) EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 49
2.8.1. CONE DE SINALIZAÇÃO 49
2.8.2. FITA DE SINALIZAÇÃO 49
3. METODOLOGIA 50
3.1. CENÁRIO BRASILEIRO 50
3.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS 50
3.3. SEGURANÇA 50
3.4. RESULTADO 51
4. ANÁLISE DE RISCOS E PROCEDIMENTOS DE TRABALHO 51
4.1. DEFINIÇÃO 51
4.2. MEDIDAS DE ANÁLISE DE RISCOS 51
4.3. RESULTADOS DAS ANÁLISES PRELIMINÁRES DE RISCOS 54
4.3.1. TRAJETO DA EMPRESA ATÉ A OBRA 54
4.3.2. MONTAGEM DE ESCADA E/OU ANDAIME 55
4.3.3. FIXAÇÃO DA LINHA DE VIDA 56
4.3.4. CARGA E DESCARGA DOS EQUIPAMENTOS – MANUALMENTE 58
4.3.5. CARGA E DESCARGA DOS EQUIPAMENTOS – UTILIZANDO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA 59
4.3.6. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE SUPORTAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS 60
4.3.7. CONEXÃO ELÉTRICA ENTRE OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 62

4.3.8. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA CABEAMENTO ELÉTRICO – EM ALTURA SUPERIOR A 2 METROS 63
4.3.9. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA CABEAMENTO ELÉTRICO – EM ALTURA INFERIOR A 2 METROS 64
4.3.10. PASSAGEM DO CABEAMENTO ELÉTRICO DESENERGIZADO – EM ALTURA SUPERIOR A 2 METROS 65
4.3.11. PASSAGEM DO CABEAMENTO ELÉTRICO DESENERGIZADO – EM ALTURA INFERIOR A 2 METROS 66
4.3.12. FIXAÇÃO DO(S) INVERSOR(RES) SOLAR E PROTEÇÕES ELÉTRICAS 66
4.3.13. CONEXÃO ELÉTRICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COM O INVERSOR E PROTEÇÕES 68
4.3.14. CONEXÃO ELÉTRICA DO(S) INVERSOR(ES) E PROTEÇÕES COM A REDE ELÉTRICA 69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 70
6. REFERÊNCIAS 71

1. INTRODUÇÃO

O Brasil, no cenário atual, possui fontes renováveis como o princípio meio de geração de energia elétrica, na qual as hidroelétricas responderam em 2014 por cerca de 65,2% (MME, 2014) de toda a oferta de potência, porém, este índice ficou representado como queda se comparado com 2013, 70,6% (MME, 2014). Estes valores demonstram que outras formas de geração de energia, seja renovável ou não, são necessárias para suprir uma possível queda ou escassez dos recursos hídricos.

Quadro 1 – Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE)

ESPECIFICAÇÃO	GWh		14/13 %	Estrutura (%)	
	2013	2014		2013	2014
HIDRO	390.992	373.439	-4,5	64,0	59,8
BAGAÇO DE CANA	29.871	32.303	8,1	4,9	5,2
EÓLICA	6.578	12.210	85,6	1,1	2,0
SOLAR	5	16	235,5	0,001	0,003
OUTRAS RENOVÁVEIS	10.600	13.879	30,9	1,7	2,2
ÓLEO	22.090	31.668	43,4	3,6	5,1
GÁS NATURAL	69.003	81.075	17,5	11,3	13,0
CARVÃO	14.801	18.385	24,2	2,4	2,9
NUCLEAR	15.450	15.378	-0,5	2,5	2,5
OUTRAS NÃO-RENOVÁVEIS	11.444	12.125	5,9	1,9	1,9
IMPORTAÇÃO	40.334	33.775	-16,3	6,6	5,4
TOTAL	**611.169**	**624.254**	**2,1**	**100,0**	**100,0**
Dos quais renováveis	*478.381*	*465.623*	*-2,7*	*78,3*	*74,6*

Notas: (a) inclui 52,2 TWh de autoprodutor cativo em 2014 (que não usa a rede básica); (b) Gás industrial inclui gás de alto forno, gás siderúrgico, gás de coqueria, gás de processo, gás de refinaria, enxofre e alcatrão

Fonte: MME, 2014

Em 2012, visando aumentar a participação da população na geração de energia elétrica no Brasil, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou a Resolução Normativa, ou simplesmente RN, nº 482 de Micro e Minigeração Distribuída que permite o consumidor gerar a própria energia através de fontes como Eólica, Biomassa, Hidráulica e Solar. Estes sistemas são conectados à rede elétrica pública, podendo realizar o auto consumo na própria unidade consumidora e o excedente pode ser injetado de volta à rede gerando crédito para uso posterior.

Segundo a ANEEL, desde a publicação da RN 482, em 17 abril de 2012, até outubro de 2014, foram instaladas 1.285 centrais geradoras conectadas à rede, sendo 1.233 por fonte solar fotovoltaica (96%), 31 eólica (2,4%), 13 híbridas – solar/eólica (1%), 6 movidas a biogás (0,44%), 1 a biomassa (0,08%) e 1 hidráulica (0,08%). (ANEEL, 2015)

Em março de 2016, entrou em vigor a Resolução Normativa 687 de 24/11/2015 alteração da Resolução Normativa 482, de 17/04/2012 com importantes aprimoramentos que incentivam e fortalecem o setor de Energia Solar Fotovoltaica no Brasil, sendo as mudanças:

- Nova modalidade de geração compartilhada e autoconsumo remoto que segundo o Art 2º, item VII e VIII, respectivamente, da RN 687:

  > Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
  >
  > Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

- Sistemas de geração distribuída em condomínios, segundo Art 2º, item VI, da RN 687:

  > Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea

- Ampliação da potência máxima de minigeração de 1 MW para 5 MW;
- Ampliação da duração dos créditos de energia elétrica de 36 meses para 60 meses;
- Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às concessionárias de energia elétrica;
- Padronização dos formulários de pedido de acesso para todo o território nacional;
- Submissão e acompanhamento de novos pedidos pela internet a partir de 2017.

Com o crescente cenário das instalações fotovoltaicas, os índices de acidentes por quedas, lesões e danos elétricos tendem a aumentar nos trabalhadores que não forem devidamente orientados e equipados nas instalações e manutenções dos sistemas.

Para tanto, os instaladores devem estar familiarizados com os equipamentos, especificações de segurança de cada projeto e recomendações dos fabricantes, sempre tomando como base as normas vigentes nacionais e, na falta desta, normas internacionais e devem estar sempre sob supervisão de um profissional qualificado no setor de energia Fotovoltaica e, principalmente, orientado, treinado e com experiência comprovada na questão técnica e/ou segurança.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa é avaliar os riscos da instalação de um sistema fotovoltaico aos trabalhadores, apontando soluções e procedimentos que possam garantir a saúde e integridade do mesmo, além de minimizar a possibilidade de acidente em cada etapa da implantação.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os riscos aos instaladores de sistemas fotovoltaicos;
- Analisar causas e consequências dos acidentes;
- Analisar frequência, severidade e grau de gerenciamento do risco para cada acidente;
- Apontar soluções, procedimentos e rotinas de trabalho a fim de minimizar os riscos e garantir a integridade do trabalhador.

1.2. JUSTIFICATIVA

Segundo o Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS), do Ministério da Previdência Social, no ano de 2013 foram registrados 717.911 acidentes de trabalho, ou seja, quase 2 mil acidentes por dia no Brasil e, destes, 2.797 seguiram de morte. (PROTEÇÃO, 2015). Os números revelam tamanho prejuízo financeiro com benefícios acidentários, redução de produtividade e vidas que são precocemente interrompidas por condições de trabalho inadequadas, falta de segurança, desinteresse por parte dos profissionais, descuidos e procedimentos incorretos.

Segundo dados do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), 40% acidentes de trabalho no Brasil tem relacionamento com queda em altura em 2013 e em 2014, segundo a Abracopel (Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade) 627 pessoas morreram por acidentes envolvendo a eletricidade (ABRACOPEL, 2014).

Tendo como base pesquisas e estatísticas, fica claro que para se evitar um acidente de trabalho, seja por altura ou choque elétrico, a melhor forma é através da prevenção ao trabalhador, seja utilizando Equipamentos de Proteção Individual (EPI), Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC), criando procedimentos de trabalho, treinamento e fiscalizações. Para as empresas tais medidas representam, não somente o cumprimento da lei, mas economia, produtividade, qualidade, ética e cidadania aos funcionários e envolvidos.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. A ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL

O Brasil possui uma posição geográfica privilegiada em termos de radiação solar, pois a maior parte do território brasileiro está localizado na região intertropical e o aproveitamento da energia solar ocorre durante todo o ano.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar apresentou em 2006 um levantamento de energia solar no Brasil utilizando um modelo de transferência radiativa alimentado por dados climatológicos e de 10 anos de informações extraídas através de imagens captadas por satélites geoestacionários e validado por dados coletados em estações de superfície, conforme imagem abaixo (PEREIRA, 2006).

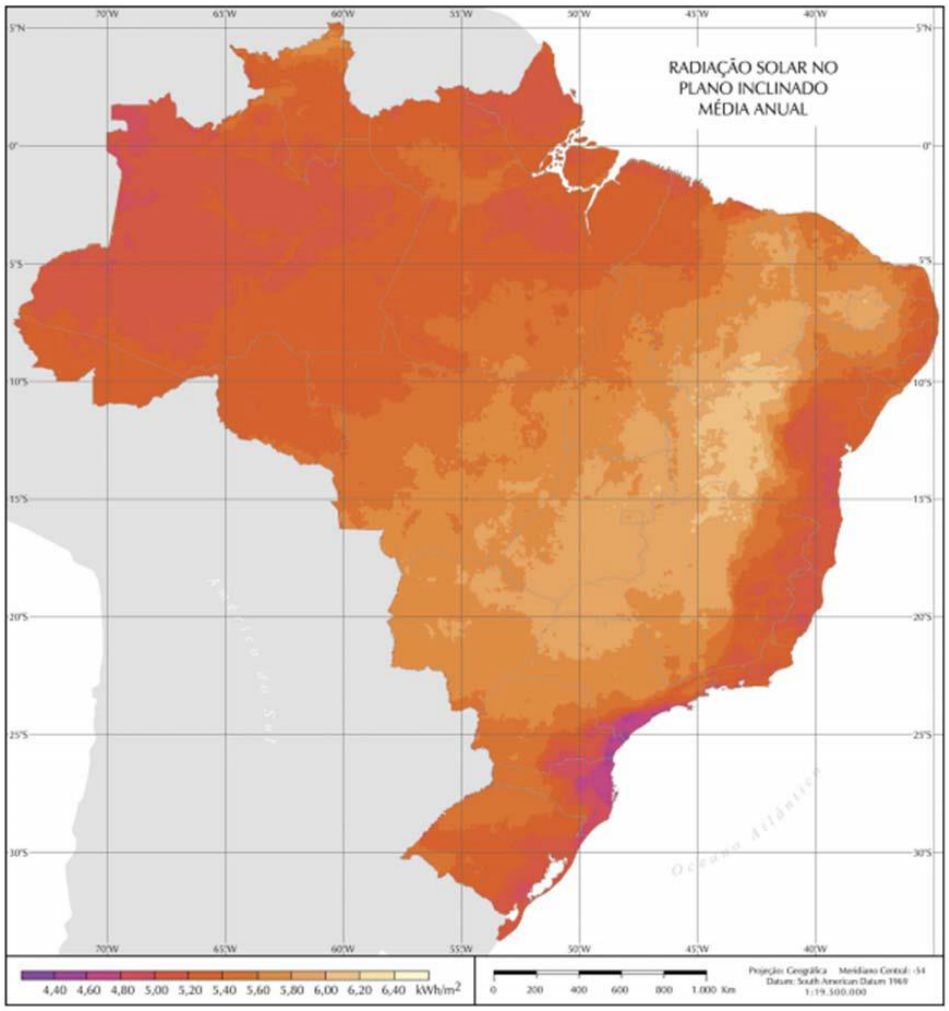

Figura 1 – Mapa de Radiação Solar no plano inclinado no Brasil
Fonte: PEREIRA et al., 2006

Os valores obtidos comprovam que mesmo a pior região do Brasil possui índice de radiação muito superior a um dos principais países no setor de Energia Fotovoltaica, a Alemanha, conforme figura 2.

Figura 2 – Mapa de Radiação Solar no plano inclinado na Alemanha
Fonte: Euopean Commission, 2014

Visando o crescimento da Energia Fotovoltaica no Brasil, além da RN 482 da ANEEL, o Ministério de Minas e Energia lançou no dia 15 de dezembro de 2015, o Programa de Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) com o objetivo de estimular a geração elétrica pelos próprios consumidores por meio de fontes renováveis, em especial a fotovoltaica, e com previsão de geração de 23,5 GW até 2030.

2.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

O sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR), também conhecido como *on grid*, são geradores de energia provenientes da radiação solar conectados ao sistema de distribuição de energia elétrica sob responsabilidade das concessionárias estaduais e/ou municipais.

A energia gerada pelo sistema pode ser autoconsumida na própria unidade ou gerar créditos em kWh, segundo a resolução normativa nº 482, para uso posterior ou abatimento em outra unidade consumidora.

A instalações de SFCR são compostas basicamente por módulos fotovoltaicos, inversor solar, estruturas de fixações, cabeamento elétrico, conectores, proteções elétricas, estruturas para cabeamento e em alguns casos a utilização de transformadores.

Este modelo de geração pode ser instalado em residências, comércios e indústrias através de dois formatos:

- Geração descentralizada: O SFCR é instalado diretamente na unidade consumidora e tem como principal foco abastecer eletricamente as cargas presentes no próprio local, muito comum em casas, comércios e indústrias, como mostram as figuras 3 e 4;

Figura 3 – SFCR residencial
Fonte: Própria

Figura 4 – SFCR corporativo
Fonte: Própria

- Geração centralizada: Este modelo de sistema possui uma geração remota que pode abastecer uma ou mais unidades consumidoras injetando energia elétrica no sistema de distribuição e gerando crédito aos proprietários do sistema ou beneficiários. Em muitos casos este modelo é classificado como um parque solar, conforme figura 5.

Figura 5 – Parque Solar de Tubarão - SC
Fonte: Tractebel Energia

.

2.2.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos, são normalmente formadas por células de silício conectadas em arranjos capazes de transformar a energia solar em energia elétrica, sendo o principal equipamento na geração. Normalmente os sistemas são compostos por mais de um módulo em série ou paralelo, formando assim as *strings*, ou linhas.

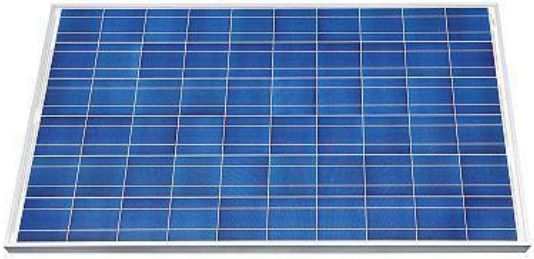

Figura 6 – Módulo Fotovoltaico Policristalino
Fonte: Portal Solar, 2016

2.2.2. INVERSOR SOLAR

Como módulos fotovoltaicos geram energia em corrente contínua (CC) e o sistema das concessionárias é corrente alternada (CA), é neste ponto que o inversor solar atua para realizar a devida transformação. Em muitos casos os inversores possuem dispositivos de proteção e/ou seccionamento, tal como fusíveis, chaves e diodos.

Figura 7 – Inversor Solar
Fonte: Portal Solar, 2016

2.2.3. ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

A estrutura de fixação tem a principal função de suportar os módulos e deixa-los no ângulo e posição mais favorável à geração de energia. Normalmente são feitas de materiais metálicos, mas isto pode variar conforme local da instalação e as peças também podem variar de projeto para projeto.

As estruturas normalmente são fixas e não possuem partes móveis, evitando assim fadiga e manutenções periódicas. Por outro lado, existem alguns modelos chamados *trackers*

(seguidores, do inglês) que podem variar a angulação e até a rotação no plano horizontal e/ou vertical, porém, estes sistemas exigem manutenções.

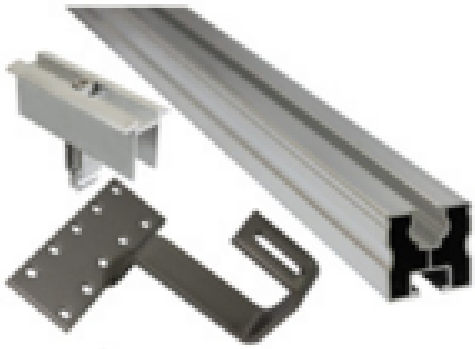

Figura 8 – Estrutura de fixação
Fonte: Portal Solar, 2016

2.2.4. CABOS

Os cabos elétricos têm a função de transferir a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos até o ponto de conexão do sistema com a rede. As bitolas dos cabos dependem basicamente da quantidade de módulos, das distâncias e dos métodos de instalações, devendo serem calculados em projetos.

Figura 9 – Cabos
Fonte: General Cables, 2016

2.2.1. PROTEÇÕES ELÉTRICAS

As proteções elétricas têm como função evitar a queima ou mau funcionamento dos componentes elétricos e eletrônicos do sistema. Estes são:

- **Fusíveis:** São dispositivos de proteção que, pelas suas características, apresentam destaque na proteção contra correntes de curto-circuito, podendo também atuar em circuitos sob condições de sobrecarga (SIEMENS, 2014).

- **Disjuntores:** É um dispositivo eletromecânico, que funciona como um interruptor automático, destinado a proteger uma determinada instalação elétrica contra possíveis danos causados por curto-circuitos e sobrecargas elétricas. A sua função básica é a de detectar picos de corrente que ultrapassem o adequado para o circuito, interrompendo-a imediatamente antes que os seus efeitos térmicos e mecânicos possam causar danos à instalação elétrica protegida.

  Uma das principais características dos disjuntores é a sua capacidade de poderem ser rearmados manualmente, depois de interromperem a corrente em virtude da ocorrência de uma falha (PORTAL ELETRICISTA, 2015).

- **Dispositivos de proteção contra surto (DPS):** São equipamentos para limitar as sobretensões e descarregar os surtos de corrente originários de descargas atmosféricas nas redes de energia ou nos módulos fotovoltaicos, evitando assim qualquer dano aos equipamentos elétricos e eletrônicos.

2.2.2. TRANSFORMADOR

Para os sistemas fotovoltaicos, há alguns casos específicos que necessitam da utilização de transformador para que o sistema se adeque aos níveis de tensões corretos, como os estados com tensão de fornecimento das concessionárias em 127/220V (fase / linha, respectivamente), boa parte dos inversores trifásicos presentes no mercado possuem saída em CA com tensões de 220/380V (fase e linha), sendo assim necessário o uso de um transformador de baixa tensão para adequar os níveis de tensões entre o sistema e a concessionária;

2.3. ACIDENTES DE TRABALHO

Os acidentes em instalações fotovoltaicas consistem basicamente por queda de altura e choque elétrico, além de outros que serão citados no decorrer deste trabalho.

Primeiramente, para compreender os riscos envolvidos, é necessário entender premissas, tal como a definição de acidente de trabalho que conforme dispõe o art. 19 da lei nº 8.213/91 (Previdência Social):

> Acidente do trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho dos segurados referidos no inciso VII do art. 11 desta lei, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

Por determinação legal, as doenças profissionais e/ou ocupacionais possuem mesmo teor que os Acidentes de Trabalho chamado típico, conforme art. 20 da lei 8.213/91, são eles:

- Doença profissional: assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da respectiva relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social;

- Doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente, constante da relação mencionada no inciso I.

§ 1º Nos períodos destinados a refeição ou descanso, ou por ocasião da satisfação de outras necessidades fisiológicas, no local do trabalho ou durante este, o empregado é considerado no exercício do trabalho.

Esses acidentes não causam repercussões apenas de ordem jurídica. Nos acidentes menos graves, em que o empregado tenha que se ausentar por período inferior a quinze dias, o empregador deixa de contar com a mão de obra temporariamente afastada em decorrência do acidente e tem que arcar com os custos econômicos da relação de empregado. O acidente repercutirá ao empregador também no cálculo do Fator Acidentário de Prevenção - FAP da empresa, nos termos do art. 10 da Lei nº 10.666/2003.

Os acidentes de trabalho geram custos também para o Estado. Incumbe ao Instituto Nacional do Seguro Social – INSS administrar a prestação de benefícios, tais como auxílio-doença acidentário, auxílio-acidente, habilitação e reabilitação profissional e pessoal,

aposentadoria por invalidez e pensão por morte. Estima-se que a Previdência Social gastou, só em 2010, cerca de 17 bilhões de reais com esses benefícios. (TST, 2011)

2.4. SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

2.4.1. NR-10

A norma regulamentadora de número 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade (NR-10) foi estabelecido através da portaria GM nº 598 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) em dezembro de 2004, alterando a resolução anterior, Portaria de nº 3.214, de 08 de junho de 1978.

A NR-10 implanta diretrizes de medidas de controle e sistemas preventivos, destinados a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que estejam diretamente e/ou indiretamente presentes nas instalações e serviços em eletricidade, estabelecendo requisitos e condições mínimas necessárias para as condições de trabalho seguro e salubre.

Esta norma os princípios gerais de segurança ou complementares às normas técnicas vigentes, deixando as prescrições específicas. Desta forma, as instalações elétricas devem, obrigatoriamente, atender as normas técnicas brasileiras aplicáveis, que são:

- NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão;
- NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0kV a 36,2kV;
- NBR 5418: Instalações em atmosferas explosivas;
- NBR 13534: Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – requisitos para segurança;
- NBR 13570: Instalações elétricas em locais de afluência de público – requisito específicos;
- NBR 14639: Posto de serviço – Instalações elétricas.

Situações em que as normas técnicas brasileiras forem ausentes, omissas ou insuficientes, deverão ser observadas as normas técnicas internacionais.

Em serviços de instalações elétricas, a NR-10 apresenta os procedimentos e prescrições de: segurança em instalações elétricas desenergizadas e energizadas; trabalhos envolvendo alta tensão; segurança na construção, montagem, operação e manutenção; habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores.

Para o campo de aplicação da norma, devem ser atendidas as atividades de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, bem como todos os trabalhos envolvidos nas instalações elétricas, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação e manutenção, além dos trabalhados envolvidos nas proximidades das instalações e serviços em eletricidade.

2.4.2. RISCOS EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE

Nos serviços e instalações elétricas, os trabalhadores estão expostos a inúmeros riscos, mesmo em baixas tensões, tendo como consequências diversos tipos de lesões, dependendo de qual maneira o mesmo é causado. Algumas dos riscos envolvidos neste tipo de trabalho são:

- Risco de origem elétrica: choques elétricos e ação de campos eletromagnéticos;
- Risco de queda: consequência de choques e utilização inadequada ou péssimos equipamentos de segurança em altura;
- Risco no transporte e com equipamentos: acidentes a caminho do local de trabalho e com equipamentos de elevação de pessoas e/ou cargas;
- Risco de ataque de insetos: abelhas, formigas, vespas e outros;
- Risco de ataque de animais peçonhentos: cobras, aranhas, escorpiões e outros;
- Risco ocupacional: ruído, irradiação solar, calor;
- Risco ergonômico: postura inadequada, pressão psicológica e carga excessiva de trabalho.

2.4.3. CHOQUE ELÉTRICO

Os choques elétricos ocorrem de fato sempre que uma determinada corrente elétrica percorre o corpo humano. Dependendo da situação, um choque pode causar apenas um pequeno formigamento, queimaduras de 3º grau ou até mesmo levar a pessoa a óbito.

A corrente elétrica, quando percorre o corpo humano, interfere junto às correntes internas carregadas pelos nervos, dando-nos a sensação de formigamento.

Para que o choque ocorra, deve haver uma diferença de potencial entre dois pontos distintos do corpo humano, ou seja, quanto maior for a diferença de potencial, maior será a corrente elétrica; como consequência, o choque também será maior. Geralmente, um desses

pontos sãos os pés, que estão em contato com o solo, e o outro ponto é o que de fato entra em contato com algum aparelho elétrico ou cabo elétrico.

O valor da corrente elétrica depende de alguns fatores relevantes, como por exemplo, a tensão e a resistência elétrica do caminho percorrido pela corrente elétrica no corpo. A resistência do corpo humano sofre variação de uma pessoa para outra e também depende das condições da pele de cada um. Quando o corpo humano está molhado, sua resistência é bem menor do que quando está seco. Molhado, a resistência cai, e a corrente que passa pelo corpo humano pode ser bastante alta, mesmo para uma tensão pequena. (SILVA, 2016)

2.4.3.1. EFEITOS DO CHOQUE ELÉTRICO

Quando uma corrente elétrica passa pelo corpo humano, são sentidos os seguintes efeitos: pequena formigação, dores, espasmos musculares, contrações musculares, alteração nos batimentos cardíacos, parada respiratória, queimaduras e morte. Os danos são provenientes do fato de o movimento dos músculos e as transmissões de sinais nervosos ocorrerem pela passagem de pequenas correntes elétricas. (SILVA, 2016)

Valores aproximados de corrente e os danos que causam:

- 1 mA a 10 mA – apenas formigamento
- 10 mA a 20 mA – dor e forte formigamento
- 20 mA a 100 mA – convulsões e parada respiratória
- 100 mA a 200 mA – fibrilação
- acima de 200 mA – queimaduras e parada cardíaca.

Os fatores que determinam a gravidade da lesão ocasionada pelo choque elétrico são:

- Intensidade da corrente elétrica circulante;
- Percurso da corrente elétrica – depende do caminho por ela percorrido, sendo a maior gravidade aqueles em que a corrente passa pelo coração, conforme figura abaixo:

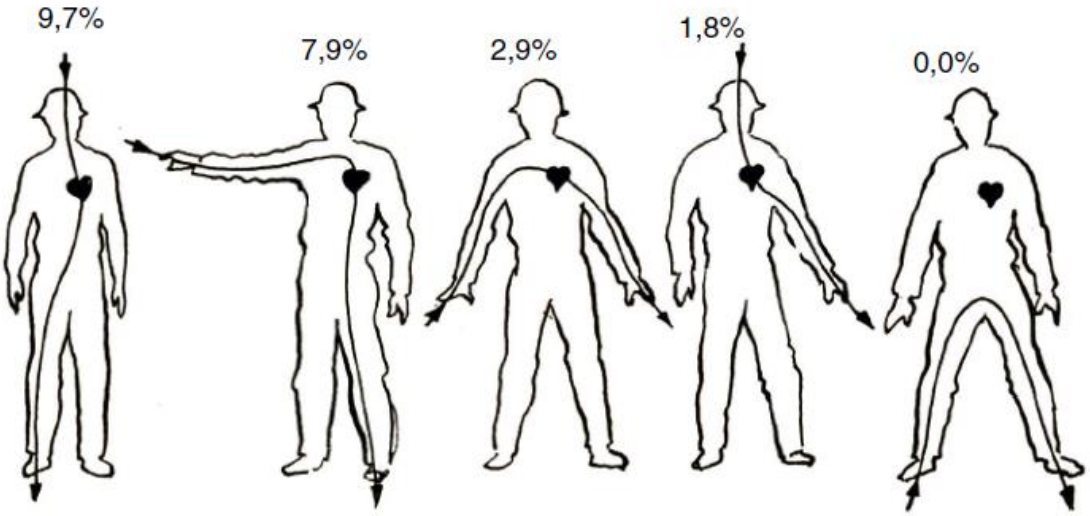

Figura 10 – Percentagem da corrente que circula pelo coração
Fonte: CPNSP, 2005

- Corrente alternada (CA) - as de frequência entre 20 e 100 Hertz são as que oferecem maior risco. Especificamente as de 60 Hertz, usadas nos sistemas de fornecimento de energia elétrica, são mais perigosas devido à frequência na qual se situam possui maior possibilidade de ocorrência da fibrilação ventricular;
- Corrente contínua (CC) - as intensidades da corrente CC deverão ser mais elevadas do que em CA, para ocasionar as sensações do choque elétrico;
- Resistência elétrica do corpo humano - situa-se entre 1000 e 2000 ohms (Ω), quando apresentar-se seca e sem cortes, entretanto, ao apresenta-se úmida ou molhada, a resistência elétrica do corpo humano tende a reduzir-se a zero.

A resistência oferecida pela parte interna do corpo, constituída pelo sangue, músculos e demais tecidos, se comparado com a resistência da pele é bem baixa e ao entrar em contato a corrente elétrica se dissipa pelo corpo com enorme rapidez, pelo fato que o sangue é constituído por 70% de plasma líquido com sais minerais nele diluído, desta forma, sua resistência elétrica é imensamente menor (OLIVEIRA, 2007).

Devido à gravidade dos riscos envolvendo energia elétrica a NR-10 faz exigências quanto ao treinamento de resgate e primeiros-socorros a acidentados em seu item 10.12.2, para todos os trabalhadores que interajam com instalações elétricas, que não as de extra-baixa tensão.

O conhecimento e domínio dos trabalhadores acerca das técnicas de resgate e primeiros-socorros a acidentados, bem como, a disponibilização de equipamentos para prestar tais socorros, são obrigatórias e de suma importância para a vida.

2.4.3.1. QUEIMADURAS

A corrente elétrica atinge o organismo através do revestimento cutâneo. Por esse motivo, as vitimas de acidente com eletricidade apresentam, na maioria dos casos queimaduras.

Devido à alta resistência da pele, a passagem de corrente elétrica produz alterações estruturais conhecidas como “marcas de corrente”.

As características, portanto, das queimaduras provocadas pela eletricidade diferem daquelas causadas por efeitos químicos, térmicos e biológicos.

Em relação às queimaduras por efeito térmico, aquelas causadas pela eletricidade são geralmente menos dolorosas, pois a passagem da corrente poderá destruir as terminações nervosas. Não significa, porém que sejam menos perigosas, pois elas tendem a progredir em profundidade, mesmo depois de desfeito o contato elétrico ou a descarga.

A passagem de corrente elétrica através de um condutor cria o chamado efeito joule, ou seja, uma certa quantidade de energia elétrica é transformada em calor (CPNSP, 2005).

2.4.4. MEDIDAS DE CONTROLE AOS RISCOS ELÉTRICOS

2.4.4.1. DESENERGIZAÇÃO

A desenergização é um conjunto de ações coordenadas, sequenciadas e controladas, destinadas a garantir a efetiva ausência de tensão no circuito, trecho ou ponto de trabalho, durante todo o tempo de intervenção e sob controle dos trabalhadores envolvidos (CPNSP, 2005).

A instalações elétricas só podem ser consideradas desenergizadas e liberadas para trabalho somente após o cumprimento das sequências citadas a seguir, nesta ordem:

1) Seccionamento – Promover descontinuidade elétrica entre dois pontos;
2) Impedimento de reenergização – Utilizar equipamentos ou estabelecer condições que impeçam a reenergização de um circuito ou uma instalação, mesmo que de forma acidental;
3) Constatação de ausência de tensão – Sempre verificar se há presença de tensão no circuito em questão, mesmo que todos os outros passos já tenham sido feitos ou que alguém já o tenha feito;

4) Instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos – Um conjunto de aterramento temporário deverá ser ligado à terra e o circuito em questão;
5) Proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada – Proteger todas as áreas em volta da parte do local de condução a fim de evitar qualquer contato;
6) Instalação da sinalização de impedimento de reenergização – Deverá ser utilizado algum dispositivo de sinalização para que o circuito em questão não seja reenergizado por outro trabalhador, mesmo que de forma acidental.

O local de trabalho da instalação desenergizada deverá ser mantida neste estado durante toda a execução o do serviço e só pode ser revertido mediante a uma autorização para reenergizar. O procedimento para reenergizar, segundo a NR-10 é:

1) Retirar as ferramentas, utensílios e equipamentos do local;
2) Retirar da zona controlada os trabalhadores que não forem envolvidos no processo de reenergização;
3) Remoção do aterramento temporário, da equipontecialização e das proteções adicionais;
4) Remoção da sinalização de impedimento de reenergização;
5) Destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.

2.4.4.2. ATERRAMENTO

Segundo CPNSP (2005, p.29), aterramento é a “ligação intencional à terra através da qual correntes elétricas podem fluir”. Um sistema de aterramento consiste na conexão de condutores a uma haste enterrada cujo objetivo é interligar o circuito e o solo com a menor impedância possível. O aterramento tem o objetivo de diminuir a variação de tensão de uma rede elétrica, eliminar fugas de energia e proteger os usuários de possíveis choques elétricos.

A NBR 5410:2004 prevê a adoção dos esquemas de aterramento TN, TT e IT, dependendo da situação de alimentação à terra, da situação das massas da instalação elétrica em relação à terra e da disposição dos condutores neutro e proteção.

2.4.4.3. BARREIRAS E INVÓLUCROS

São dispositivos que impedem qualquer contato com partes energizadas das instalações elétricas. São componentes que visam impedir que pessoas ou animais toquem

acidentalmente as partes energizadas, garantindo assim que as pessoas sejam advertidas de que as partes acessíveis através das aberturas estão energizadas e não devem ser tocadas.

As barreiras terão que ser robustas, fixadas de forma segura e tenham durabilidade, tendo como fator de referência o ambiente em que está inserido. Só poderão ser retirados com chaves ou ferramentas apropriadas e também como predisposição uma segunda barreira ou isolação que não possa ser retirada sem ajuda de chaves ou ferramentas apropriadas.

O uso de barreiras ou invólucros, como meio de proteção básica, destina-se a impedir qualquer contato com partes vivas (CPNSP, 2005).

2.4.4.4. BLOQUEIOS E IMPEDIMENTOS

Dispositivos de bloqueio são aqueles que impedem o acionamento ou religamento de dispositivos de manobra. (chaves, interruptores), É importante que tais dispositivos possibilitem mais de um bloqueio, ou seja, a inserção de mais de um cadeado, por exemplo, para trabalhos simultâneos de mais de uma equipe de manutenção.

Toda ação de bloqueio deve estar acompanhada de etiqueta de sinalização, com o nome do profissional responsável, data, setor de trabalho e forma de comunicação (CPNSP, 2005).

2.4.4.5. OBSTÁCULOS E ANTEPAROS

Os obstáculos são destinados a impedir o contato involuntário com partes vivas, mas não o contato que pode resultar de uma ação deliberada e voluntária de ignorar ou contornar o obstáculo (SPNSP, 2005).

Os obstáculos devem impedir:

- Uma aproximação física não intencional das partes energizadas;
- Contatos não intencionais com partes energizadas durante atuações sobre o equipamento, estando o equipamento em serviço normal.

2.5. SEGURANÇA DE TRABALHO EM ALTURA

2.5.1. NR-18

A NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção – estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização tem por

objetivo implementar medidas de controle e sistemas de segurança na indústria da construção. Além disso, conforme item 18.1.4, a norma:

> [...] não desobriga os empregadores do cumprimento das disposições relativas às condições e meio ambiente de trabalho, determinadas na legislação federal, estadual e/ou municipal, e em outras estabelecidas em negociações coletivas de trabalho. (MTE, 2012)

Alguns itens da norma referida são importantes para o trabalho em altura, tais como:

- Item 13 que prescreve sobre medidas de proteção contra queda de altura, proteções coletivas contra queda dos trabalhadores e de materiais, instalações de telas ao longo da construção, sistemas limitadores de queda de altura, redes de segurança, cordas de sustentação e conjunto de fixação.
- Item 15 são descritos os procedimentos e obrigações com relação à utilização, processos de montagem de andaimes e plataformas de trabalho, normativas para descrição do PCMAT, equipamentos de segurança, método de acesso e proteções, limites de altura e instalação, tipos de fixações e sustentações, além encargos técnicos aos responsáveis.
- Item 18 da norma regulamenta as condições de trabalho em telhados e coberturas. É possível destacar neste item os dimensionamentos dos dispositivos de movimentação e segurança dos trabalhadores, tipos de ancoragem e cabos guias, modelos de sinalização e isolamentos dos locais de trabalho, proibições e recomendações das atividades em telhados.
    - “Os serviços de execução, manutenção, ampliação e reforma em telhados ou coberturas devem ser precedidos de inspeção e de elaboração de Ordens de Serviço ou Permissões para Trabalho, contendo os procedimentos a serem adotados.” (MTE, 2012)

2.5.2. NR-35

A NR-35 – Trabalhos em Altura – foi concebida como norma geral a ser complementada por anexos que contemplarão as especificidades das diversas atividades que envolvem riscos de queda de trabalhadores de diferentes níveis. Entre essas é possível destacar os trabalhos na rede de transmissão e distribuição de energia elétrica, na rede de telefonia (fixa

ou móvel), de montagem e desmontagem de estruturas e plantas industriais, de manutenção de fachadas e coberturas, o transporte de cargas, o armazenamento de materiais etc.

A norma adota o princípio de que o trabalho em altura deve ser uma atividade planejada e que a exposição do trabalhador (ao risco de queda) deve ser evitada, caso seja possível. Isso significa que a execução deve ser avaliada para formas alternativas que eliminem o risco de queda ou então que sejam adotadas medidas que minimizem suas consequências, caso não seja possível evitar o trabalho com diferenças de níveis. Também é importante destacar que a análise de risco e instrumentos como a Permissão de Trabalho (PT) visam maximizar as condições de segurança (MTE, 2012).

Em setembro de 2010, o 1° Fórum Internacional de Segurança em Trabalhos em Altura gerou uma demanda de criação de uma norma específica para os trabalhos em altura que contemplasse todos os ramos de atividade. Esta demanda foi encaminhada ao Ministério do Emprego e Trabalho que a submeteu para deliberação na Comissão Tripartite Paritária Permanente (CTTP). Com resultado favorável, em 06/05/2011, a Secretaria de Inspeção do Trabalho criou, por meio da Portaria n° 220, um grupo técnico para trabalho em altura, constituído por profissionais experientes, por representantes do Governo, por trabalhadores e empregadores de diversos ramos de atividade.

De acordo com a norma, é possível destacar os itens abaixo:

- Toda atividade executada acima de 2,00 metros (dois metros) do nível inferior é considerado trabalho em altura.
- Normas internacionais são aplicáveis no caso de ausência ou omissão da NR-35.
- Responsabilidades do empregador em garantir medidas de proteção e segurança ao trabalhador, documentações e procedimentos operacionais e análises de riscos e condições do local de trabalho;
- Responsabilidades do trabalhador em cumprir as disposições legais e regulamentares, procedimentos de trabalho, colaborar na implementação das disposições da norma, zelar pela segurança do próprio e de outras pessoas envolvidas nas atividades.

- O trabalhador só pode ser considerado capacitado aquele submetido e aprovado em treinamento prático e teórico, com carga horária mínima de 8 horas, conforme conteúdo programático imposto na norma.
- A empresa deve fornecer treinamento periódico bienal e sempre que ocorrer mudanças de procedimentos, condições ou operações de trabalho; evento que indique necessidade; retorno de afastamento (quanto superior a 90 dias) e mudança de empresa.
- Empregador deve avaliar o estado de saúde dos trabalhadores, garantindo que os exames sejam partes integrantes do Programa de Controle Médico da Saúde Ocupacional (PCMSO). Deve também realizar avaliações periódicas.

2.6. USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI) EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos são sempre instalados a céu aberto e os trabalhadores ficam sempre expostos aos riscos ocupacionais, riscos dos equipamentos elétricos e mecânicos, além de agentes externos. Desta forma, a NR-06 (Equipamentos de Proteção Individual), garante que o empregador forneça, gratuitamente, todos os equipamentos necessários para garantir a saúde e integridade do trabalhador.

Seguindo as instruções da NR-06, todos os EPIs fornecidos devem possuir a indicação do Certificado de Aprovação (CA), expedido por órgãos do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que possua competência nacional em matéria de segurança e saúde do trabalho, além de passar por periódicos testes de qualidade e funcionamento (MTE, 2011).

Para sistemas fotovoltaicos instalados em alturas de 2 metros ou mais em relação ao nível do piso, conforme subitem 18.23.3 da NR-18, é necessário a utilização dos equipamentos, além dos convencionais a atividade, de proteção contra quedas de altura.

2.6.1.1. CAPACETE ABA FRONTAL COM JUGULAR

Figura 11 – Capacete aba frontal com jugular
Fonte: Tecmater, 2016

Utilizado para proteção da cabeça do empregado contra agentes metereológicos (trabalho a céu aberto) e trabalho em local confinado, impactos provenientes de queda ou projeção de objetos, queimaduras, choque elétrico e irradiação solar.

Para trabalho em altura, é necessário a utilização de trava através do cinto para jugular, evitando a queda do capacete em caso de movimentos bruscos ou em ângulos maiores que 45º com a cabeça.

2.6.2. CAPACETE ABA FRONTAL COM VISEIRA

Figura 12 – Capacete aba frontal com viseira
Fonte: CPNSP, 2005

2.6.3. ÓCULOS DE PROTEÇÃO

Figura 13 – Óculos de proteção com tonalidade escura
Fonte: Tecmater, 2016

Figura 14 – Óculos de proteção incolor
Fonte: Tecmater, 2016

Utilizado para proteção dos olhos contra impactos mecânicos, partículas volantes e raios ultravioletas, os óculos com tonalidade escura são recomendados para utilização nos ambientes externos. Já para ambientes internos, é recomendado a utilização dos óculos incolor.

2.6.4. PROTETOR AUDITIVO

Figura 15 – Protetor auditivo tipo inserção
Fonte: CPNSP, 2005

Figura 16 – Protetor auditivo tipo concha
Fonte: CPNSP, 2005

Os protetores auditivos têm a função de atenuar o ruído provocado por equipamentos e máquinas, além de proteger o trabalhador contra entrada de objetos no canal auditivo. São recomendados dois tipos de protetores, o tipo concha e o de inserção, sendo a utilização deles variada conforme o nível de dB encontrado no ambiente, respeitando o nível de 85dBA, conforme NR-15, anexo nº1.

2.6.5. LUVA

Figura 17 – Luva de vaqueta
Fonte: CPNSP, 2005

A luva de vaqueta tem a função de proteção das mãos e braços do trabalhador, a fim de evitar qualquer tipo de lesão ao manusear materiais cortantes, perfurantes e abrasivos.

Figura 18 – Luva isolante de borracha
Fonte: CPNSP, 2005

A luva isolante de borracha é empregada quando o trabalhador, no sistema fotovoltaico, for manusear áreas energizadas, sendo a classe na tarja de identificação variada conforme o nível de tensão circuito, conforme tabela abaixo:

Quadro 2 – Classes da luva isolante de borracha

TIPO	CONTATO	TARJA
Classe 00	500V	Bege
Classe 0	1000V	Vermelha
Classe I	7,5 kV	Branca
Classe II	17 kV	Amarela
Classe III	26,5 kV	Verde
Classe IV	36 kV	Laranja

Fonte: CPNSP, 2005

2.6.6. BOTA

Figura 19 – Bota
Fonte: Super EPI, 2016

As botas para instaladores de sistemas fotovoltaicos devem confeccionadas e calçadas no tamanho adequados aos pés, deixando-as fixas e evitando que se soltem. Estas tem como função evitar danos contra torção, quedas de materiais, derrapagens. Os bicos da devem ser constituídos de PVC ou outro material não condutor e resistente a impactos de energia de 200 Joules e compressão de até 15 kN. Para instalações em altura é recomendado a utilização de botas sem cadarço, a fim de evitar qualquer acidente causado pelo entrelaçamento ou engate entre os mesmos.

2.6.7. PROTETOR RESPIRATÓRIO

Figura 20 – Protetor respiratório
Fonte: Super EPI, 2016

Em locais onde houver excesso de poeira ou pequenos fragmentos de materiais, respeitando o limite de exposição ocupacional, deve-se utilizar o protetor respiratório para evitar que estes pós entrem nas vias respiratórias do trabalhador, causando problemas respiratórios ou outros agravamentos.

2.6.8. PROTETOR SOLAR

Figura 21 – Protetor solar
Fonte: CPNSP, 2005

Apesar o protetor solar não estar relacionado na NR-06 como equipamentos de proteção individual e não possuir número CA, este faz-se de extrema importância a garantia a saúde do trabalhador contra as irradiações inerentes da exposição solar, uma vez que no subitem 21.2 da NR-21 (Trabalho a céu aberto), são exigidas medidas que protejam os trabalhadores contra irradiação solar excessiva.

2.6.9. CINTO DE SEGURANÇA TIPO PARAQUEDISTA

O cinto de segurança tipo paraquedista tem a função de suportar e distribuir as forças do impacto numa possível queda, sendo os pontos de apoio as coxas, cintura, ombro e peito.

Figura 22 – Cinto de segurança tipo paraquedista
Fonte: Altiseg, 2012

2.6.1. TALABARTE TIPO “Y” E TRAVA QUEDA

Os cintos de segurança tipo paraquedistas devem sempre ser acompanhados de um talabarte tipo “Y” (com dois pontos de ancoragem) com sistema de absorção de impacto (ABS) ou um trava queda deslizante acoplado a um mosquestão (dipositivo de segurança de alta resistência e com capacidade de suportar no mínimo 22kN), conforme figuras a seguir.

Figura 23 – Tabalarte tipo “Y” com ABS
Fonte: Altiseg, 2012

O trava queda deslizante é acoplado a uma linha de vida vertical (composta por cabo de aço ou corda com alma de aço) permitindo a movimentação neste sentido e em caso de queda, o dispositivo atuará, travando-se e evitando do trabalhador cair. Este dispositivo é comum utilizar em instalações de módulos fotovoltaicos fixados em postes e antenas.

Figura 24 – Trava queda com mosquetão
Fonte: Altiseg, 2012

2.7. UTILIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS

Em sistemas fotovoltaicos há algumas formas de instalação e atividades que necessitam de equipamentos específicos para a correta execução do serviço, são eles:

- Subida e descida, verticalmente, com linha de vida rígida: este sistema é composto por cabo de aço ou trilho, trava queda, cinturão paraquedista e ponto de ancoragem.

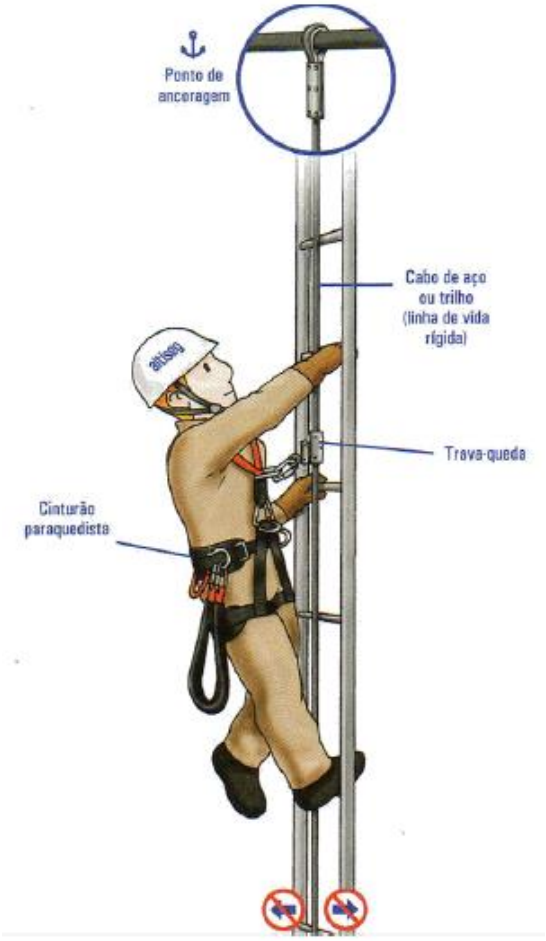

Figura 25 – Subida e descida
Fonte: Altiseg, 2012

- A linha de vida flexível, conforme figura 28, mostra o sistema de proteção contra queda composta por corda, trava queda, cinturão paraquedista e ponto de ancoragem. Esta configuração permite o deslocamento vertical e também horizontal.

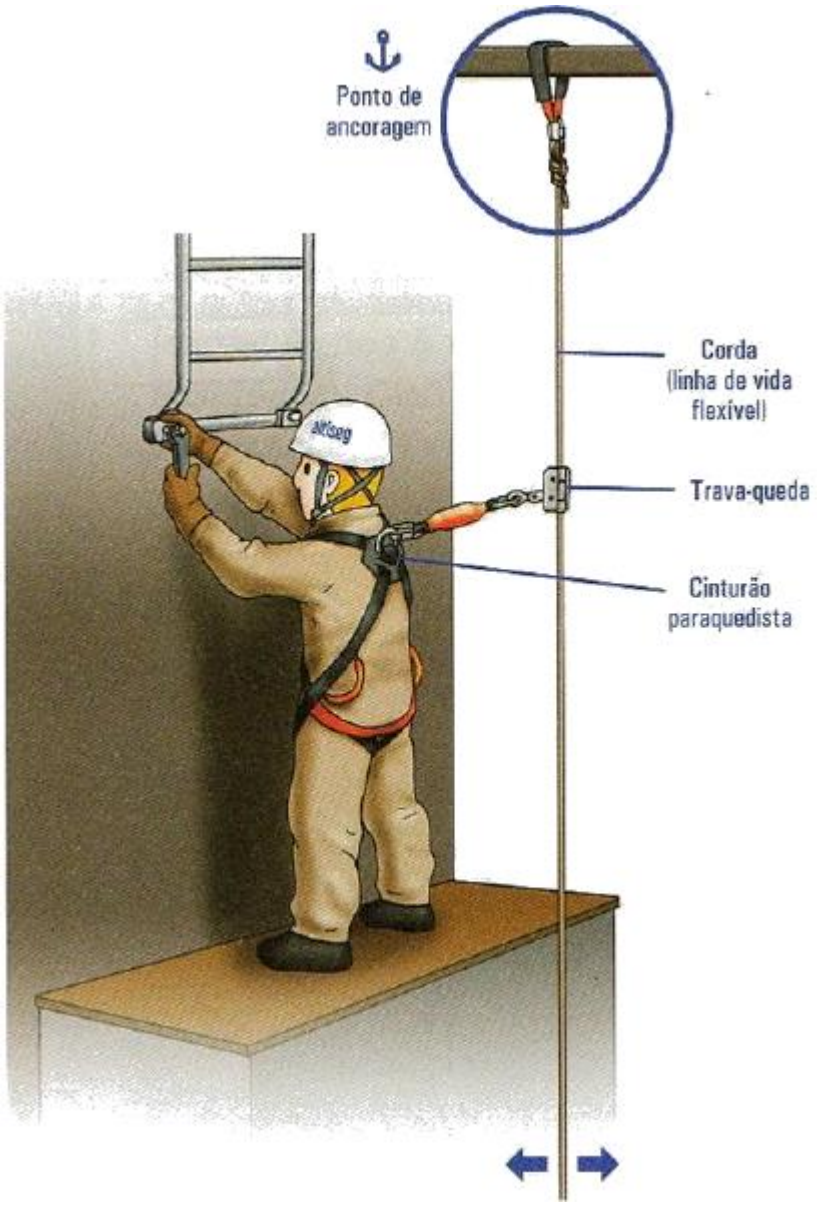

Figura 26 – Subida e descida vertical e horizontal
Fonte: Altiseg, 2012

- Subida em andaimes e escadas móveis: este sistema que é composto apenas de talabarte duplo em "Y", cinturão tipo paraquedista, absorvedor de energia e ponto de ancoragem (que será a própria estrutura na qual o trabalhador estiver se deslocando). A utilização do talabarte duplo garante sempre ao menos 1

ponto de conexão durante toda a subida, conforme ilustrado na figura 30. Em escadas móveis, a mesma deve ser presa e ancorada em uma estrutura fixa.

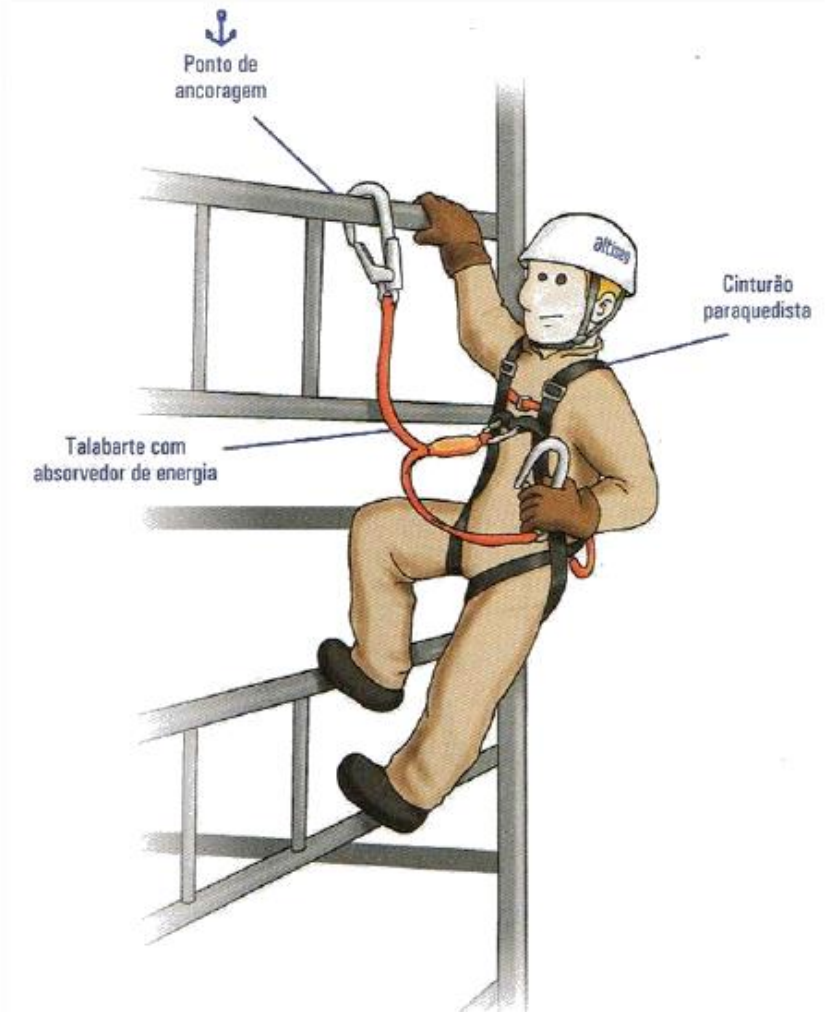

Figura 27 – Subida e descida em andaimes e escadas móveis
Fonte: Altiseg, 2012

- Em caso de utilização de linha de vida flexível em telhados, é recomendado utilizar o cinto talabarte tipo "Y" com ABS e a linha de vida na horizontal, podendo o trabalhador movimentar-se com segurança.

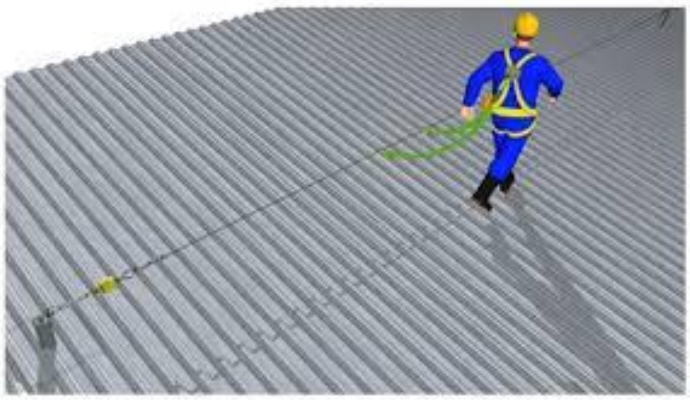

Figura 28 – Movimentação horizontal
Fonte: Altiseg, 2012

2.8. USO DE EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC) EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Na execução das instalações fotovoltaicas, os equipamentos de proteção coletiva garantem maior segurança ao trabalhador e aos terceiros, sinalizando e impedindo passagens e aproximações perigosas.

2.8.1. CONE DE SINALIZAÇÃO

Figura 29 – Cone de sinalização
Fonte: CPNSP, 2005

O cone de sinalização tem a função de orientar o trânsito de veículos e pedestres sinalizar e delimitar o local temporário da obra.

2.8.2. FITA DE SINALIZAÇÃO

Figura 30 – Fita de sinalização
Fonte: CPNSP, 2005

A fita de sinalização ou fita zebrada, tem como a principal função delimitar e obstruir a passagem ao longo do perímetro da área isolada, esta pode ser utilizada em conjunto com os cones de sinalização.

3. METODOLOGIA

Para a concretização desta monografia, diversas etapas de pesquisas foram necessárias para que as análises de riscos e procedimentos de trabalho fossem desenvolvidas, sendo elas:

3.1. CENÁRIO BRASILEIRO

- Pesquisas de dados do potencial elétrico no Brasil para a geração fotovoltaica, além das perspectivas de crescimento do setor;
- Pesquisa de estatísticas dos acidentes que podem ocorrer com os trabalhadores durante a instalação do sistema;
- Análise da Resolução Normativa nº 482, de 2012 e sua atualização em 2016;
- Análise das Normas Regulamentadoras (NRs).

3.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- Estudo do funcionamento e modelos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR);
- Composição e funcionamento dos principais componentes do gerador fotovoltaico;
- Descrever e analisar cada etapa da instalação de um sistema fotovoltaico, desde da entrega do material até o funcionamento final do mesmo.

3.3. SEGURANÇA

- Levantar riscos envolvidos em cada etapa da instalação;
- Apontar causa, consequências, frequência e severidade de cada acidente;
- Analisar quais as normas devem ser respeitadas pelas empresas e trabalhadores;

- Com base nos riscos envolvidos nas etapas, foi necessário estudar quais Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPC) complementam a segurança do trabalhador;
- Aplicar soluções para mitigar e minimizar os riscos aos trabalhadores e envolvidos na instalação.

3.4. RESULTADO

- Ao final do trabalho, foram desenvolvidas diversas Análises Preliminar de Riscos (APRs) para cada etapa da instalação de um sistema fotovoltaico, contendo as informações necessárias para uma correta e segura execução da instalação do sistema fotovoltaico.

4. ANÁLISE DE RISCOS E PROCEDIMENTOS DE TRABALHO

4.1. DEFINIÇÃO

Compreendendo o cenário energético brasileiro, as tendências mundiais e projeções de geração de energia, fica claro o potencial de crescimento da energia solar no país. Sendo assim, com as breves explicações dos equipamentos que fazem parte de um sistema fotovoltaico, locais de instalações, normas técnicas e os possíveis riscos aos trabalhadores, é possível realizar uma análise de segurança para garantir a integridade do trabalhador.

A Análise Preliminar de Riscos (APR) é utilizada para prever e documentar os possíveis riscos presentes aos envolvidos na execução de cada tarefa, de forma a garantir a integridade do trabalhador, do meio ambiente e também aos equipamentos.

Com base nas circunstâncias de cada tarefa, é possível analisar os diferentes tipos de riscos e com base nisto gerir procedimentos, listar equipamentos de proteções coletivas (EPC) e individuais (EPI) a fim de minimizar qualquer tipo de acidente que possa ocorrer.

4.2. MEDIDAS DE ANÁLISE DE RISCOS

A seguir são apresentadas as Análises Preliminares de Riscos das etapas do serviço de instalação de um sistema fotovoltaico em altura superior a 2 metros, tomando como base os riscos envolvidos, causas, consequências, recomendações e os equipamentos apropriados.

As análises de Frequência, Severidade e Riscos foram tomadas como base as tabelas a seguir:

Quadro 3 – Frequência ou probabilidade de ocorrência de acidentes ou danos

FREQUÊNCIA OU PROBABILIDADE			
GRAU	**OCORRÊNCIA**	**DESCRIÇÃO**	**FREQUÊNCIA**
1	Improvável	Baixíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 02 anos
2	Possível	Baixa probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 01 ano
3	Ocasional	Moderada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada semestre
4	Regular	Elevada probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez a cada 03 meses
5	Certa	Elevadíssima probabilidade de ocorrer o dano	Uma vez por mês

Fonte: FARIA (2011)

Quadro 4 – Nível de severidade de acidentes que possam ocorrer

SEVERIDADE			
GRAU	**EFEITO**	**DESCRIÇÃO**	**AFASTAMENTO**
1	Leve	Acidentes que não provocam lesões (batidas leves, arranhões).	Sem afastamento.
2	Moderado	Acidentes com afastamento e lesões não incapacitantes (pequenos cortes, torções leves).	Afastamento de 1 a 30 dias.
3	Grande	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, sem perdas de substâncias ou membros (fraturas, cortes profundos)	Afastamento de 31 a 60 dias.
4	Severo	Acidentes com afastamentos e lesões incapacitantes, com perdas de substâncias ou membros (perda de parte do dedo).	Afastamento de 61 a 90 dias.
5	Catastrófico	Morte ou invalidez permanente.	Não há retorno à atividade laboral.

Fonte: FARIA (2011)

Quadro 5 – Índice de risco e gerenciamento das ações a serem tomadas

INDICE DE RISCO E GERENCIAMENTO DAS AÇÕES		
INDICE DE RISCO	**TIPO DE RISCO**	**NÍVEL DE AÇÕES**
até 3 (severidade < 3)	Riscos Triviais	Não necessitam ações especiais, nem preventivas, nem de detecção.
de 4 a 6 (severidade < 4)	Riscos Toleráveis	Não requerem ações imediatas. Poderão ser implementadas em ocasião oportuna, em função das disponibilidades de mão de obra e recursos financeiros.
de 8 a 10 (severidade < 5)	Riscos Moderados	Requer previsão e definição de prazo (curto prazo) e resposabilidade para a implementação das ações.
de 12 a 20	Riscos Relevantes	Exige a implementação imediata das ações (preventivas e de detecção) e definição de responsabilidades. O trabalho pode ser liberado p/ execução somente c/ acompanhamento e monitoramento contínuo. A interrupção do trabalho pode acontecer quando as condições apresentarem algum descontrole.
> 20	Riscos Intoleráveis	Os trabalhos não poderão ser iniciados e se estiver em curso, deverão ser interrompidos de imediato e somente poderão ser reiniciados após implementação de ações de contenção.

Fonte: FARIA (2011)

4.3. RESULTADOS DAS ANÁLISES PRELIMINÁRES DE RISCOS

Os resultados das Análises Preliminares de Riscos foram realizados com base em cada atividade e etapa da execução de uma instalação de um sistema fotovoltaico em altura superior a 2 metros. Os procedimentos citados não seguem uma ordem cronológica, podendo variar conforme cada obra.

4.3.1. TRAJETO DA EMPRESA ATÉ A OBRA

Para que a equipe de instalação possa se deslocar da empresa até a obra, será necessário percorrer um trajeto com veículo automotivo devendo guia-lo pelas ruas da cidade ou estrada. A análise preliminar de risco para esta atividade será:

Quadro 6 – APR Trajeto de percurso

TAREFA:	Percurso através de veículo automotor da empresa até a obra							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Acidente	- Desatenção - Estresse - Veículo em mau estado ou falta de manutenção - Imprudência - Fatores externos de rodagem	Morte	1	5	5	- Verificar estado do veículo - Atenção ao rodar - Prudência - Utilização de cinto de segurança	Cinto de segurança veicular	N/A
		Lesões	2	2	4			

Fonte: Autor

4.3.2. MONTAGEM DE ESCADA E/OU ANDAIME

Considerando a instalação em altura superior a 2 metros, será necessário a montagem de escada ou andaimes, devidamente fixados, travados e seguros para que o trabalhador possa se deslocar do plano até a altura desejada, sendo necessário considerar a análise de risco:

Quadro 7 – APR Montagem de escada e/ou andaime

TAREFA:	Processo de montagem, subidas e descidas de andaimes ou escada							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Lesões	2	3	6			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		

Fonte: Autor

Quadro 8 – APR Montagem de escada e/ou andaime

TAREFA:	Montagem de andaimes ou escada							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	4	2	8	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Problemas posturais	4	2	8			

Fonte: Autor

4.3.3. FIXAÇÃO DA LINHA DE VIDA

Quando o trabalhador já tiver montado o andaime ou escada, o serviço será realizado em altura sendo necessário que o mesmo esteja devidamente protegido e ancorado através de uma linha de vida juntamente com o cinto e talabarte ou trava queda, além de outros EPIs citado na análise de risco preliminar a seguir.

Quadro 9 – APR Fixação da linha da vida

TAREFA:	Período de execução da fixação							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte "Y" ou - Trava queda - Luva Vaqueta - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	1	3	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		

Fonte: Autor

Quadro 10 – APR Fixação da linha da vida

TAREFA:	Fixação dos pontos de ancoragem							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Acidente com equipamentos manuais e elétricos	- Falta de atenção - Manuseio incorreto - Equipamentos em mau estado de conversação - Choque elétrico	Corte / Perfuração	2	2	4	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte "Y" ou - Trava queda - Luva vaqueta - Luva Isolante - Protetor solar - Protetor auditivo	-
		Queda	3	4	12			
		Queimadura	2	1	2			

Fonte: Autor

4.3.4. CARGA E DESCARGA DOS EQUIPAMENTOS – MANUALMENTE

Os módulos fotovoltaicos, inversores, estruturas metálicas e outros materiais necessitam de transporte do local de armazenamento até a obra, em muitos casos, a carga e descarga é realizada manualmente pelos próprios instaladores, devendo atentar-se para a seguinte análise de riscos:

Quadro 11 – APR Carga e descarga dos equipamentos – manualmente

TAREFA:	Processo de carga e descarga dos equipamentos do veículo de transporte							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	2	6	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho	- Capacete - Óculos - Bota - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Problemas posturais	3	2	6			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Acidente	Queda do equipamento sobre parte(s) do corpo	Lesões/corte	2	2	4	- Uso correto de EPIs e EPCs		

Fonte: Autor

Quadro 12 – APR Carga e descarga dos equipamentos – manualmente

TAREFA:	Içamento dos equipamentos em altura superior a 2 metros							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	2	6	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Problemas posturais	3	2	6			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	2	2	4	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao trabalho		
		Lesões	2	4	8			

Fonte: Autor

4.3.5. CARGA E DESCARGA DOS EQUIPAMENTOS – UTILIZANDO DE PLATAFORMA ELEVATÓRIA

Os módulos fotovoltaicos, inversores, estruturas metálicas e outros materiais necessitam de transporte do local de armazenamento até a obra, em muitos casos, a carga e descarga é realizada através de plataforma elevatória ou outro meio que não manualmente, devendo atentar-se para a seguinte análise de riscos:

Quadro 13 – APR Carga e descarga dos equipamentos – Utilizando plataforma elevatória

TAREFA:	Processo de carga e descarga dos equipamentos do veículo de transporte até o telhado							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	1	3	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte "Y" - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Problemas posturais	3	1	3			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Acidente	Falha ou má operação da plataforma elevatória	Lesões/corte	1	2	2	- Curso e treinamento para operação da plataforma - Manutenção correta da plataforma		
		Morte	1	5	5			

Fonte: Autor

4.3.6. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE SUPORTAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

Para que os módulos fotovoltaicos sejam fixados no telhado, é necessário instalar uma estrutura metálica de fixação devidamente presa a estrutura do telhado, este trabalho em altura tem a análise prévia de riscos:

Quadro 14 – APR Fixação das estruturas de suportação módulos fotovoltaicos

TAREFA:	Período de execução da fixação							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Luva isolante - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Acidente com equipamentos manuais e elétricos	- Falta de atenção - Manuseio incorreto - Equipamentos em mau estado de conversação - Choque elétrico	Corte / Perfuração	3	1	3	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados		
		Queda	3	4	12			
		Queimadura	1	2	2			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	4	1	4	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	4	1	4			

Fonte: Autor

4.3.7. CONEXÃO ELÉTRICA ENTRE OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

As instalações com dois ou mais módulos fotovoltaicos necessitam que estes sejam interligados eletricamente entre eles ou com o inversor. Apesar dos cabos e conectores possuírem isolação, pode ocorrer que alguma parte deste esteja rompido e cause choques elétricos, pois a exposição dos módulos ao sol faz o mesmo gerar diferença de potencial entre os polos.

Quadro 15 – APR Conexão elétrica entre os módulos fotovoltaicos

TAREFA:	Conexões elétricas em altura superior a 2 metros							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Luva isolante - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	1	3	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Choque elétrico	- Falta de atenção - Falta de treinamento - Equipamento com defeito	Queda	3	4	12	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados		
		Queimadura	1	2	2			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	1	1	1	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	1	1	1			

Fonte: Autor

4.3.8. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA CABEAMENTO ELÉTRICO – EM ALTURA SUPERIOR A 2 METROS

Para que os módulos e inversores sejam devidamente conectados eletricamente, é necessário instalar uma estrutura de passagem dos cabos elétricos desde os módulos até o ponto de conexão com a elétrica local, em alguns casos em altura superior a 2 metros, devendo atentar-se para os riscos:

Quadro 16 – APR Fixação das estruturas para cabeamento elétrico – em altura superior a 2 metros

TAREFA:	Período de execução da fixação							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Luva isolante - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Acidente com equipamentos manuais e elétricos	- Falta de atenção - Manuseio incorreto - Equipamentos em mau estado de conversação - Choque elétrico	Corte / Perfuração	3	1	3	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados		
		Queda	3	4	12			
		Queimadura	1	2	2			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	1	3	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	3	1	3			

Fonte: Autor

4.3.9. FIXAÇÃO DAS ESTRUTURAS PARA CABEAMENTO ELÉTRICO – EM ALTURA INFERIOR A 2 METROS

Para que os módulos e inversores sejam devidamente conectados eletricamente, é necessário instalar uma estrutura de passagem dos cabos elétricos desde os módulos até o ponto de conexão com a elétrica local, em alguns casos em altura inferior a 2 metros, devendo atentar-se para os riscos:

Quadro 17 – APR Fixação das estruturas para cabeamento elétrico – em altura inferior a 2 metros

TAREFA:	Fixação das estruturas elétricas em ambientes externos							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	1	3	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar	- Capacete - Óculos - Bota - Luva vaqueta - Luva isolante - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
Acidente com equipamentos manuais e elétricos	- Falta de atenção - Manuseio incorreto - Equipamentos em mau estado de conversação - Choque elétrico	Queda	3	4	12	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados		
		Queimaduras	1	2	2			
		Corte / Perfuração	2	2	4			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	1	3	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	3	1	3			

Fonte: Autor

4.3.10. PASSAGEM DO CABEAMENTO ELÉTRICO DESENERGIZADO – EM ALTURA SUPERIOR A 2 METROS

Para que os módulos e inversores sejam devidamente conectados eletricamente, é necessário lançar os cabos elétricos na estrutura de passagem desde os módulos até o ponto de conexão com a elétrica local, em alguns casos em altura superior a 2 metros, devendo atentar-se para os riscos:

Quadro 18 – APR Passagem do cabeamento elétrico desenergizado – em altura superior a 2 metros

TAREFA:	Passagem dos cabos							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	1	3	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	3	1	3			

Fonte: Autor

4.3.11. PASSAGEM DO CABEAMENTO ELÉTRICO DESENERGIZADO – EM ALTURA INFERIOR A 2 METROS

Para que os módulos e inversores sejam devidamente conectados eletricamente, é necessário lançar os cabos elétricos na estrutura de passagem desde os módulos até o ponto de conexão com a elétrica local, em alguns casos em altura inferior a 2 metros, devendo atentar-se para os riscos:

Quadro 19 – APR Passagem do cabeamento elétrico desenergizado – em altura inferior a 2 metros

TAREFA:	Passagem dos cabos em ambientes externos							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar	- Capacete - Óculos - Bota - Luva vaqueta - Protetor solar	- Cones de sinalização - Fita zebrada
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	1	3	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	3	1	3			

Fonte: Autor

4.3.12. FIXAÇÃO DO(S) INVERSOR(RES) SOLAR E PROTEÇÕES ELÉTRICAS

Os inversores e as proteções elétricas necessitam serem fixadas em paredes e dentro dos quadros elétricos, respectivamente, sendo necessário atentar-se para ambientes abertos ou fechados, energizado ou não, sendo passíveis aos riscos:

Quadro 20 – APR Fixação do(s) inversor(es) solar e proteções elétricas

TAREFA:	Fixação do(s) inversor(es) em ambientes internos							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Acidente com equipamentos manuais e elétricos	- Falta de atenção - Manuseio incorreto - Equipamentos em mau estado de conversação - Choque elétrico	Corte / Perfuração	2	2	4	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete - Óculos - Bota - Luva vaqueta - Luva isolante	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Queimadura	1	2	2			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	3	2	6	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	3	2	6			

Fonte: Autor

4.3.13. CONEXÃO ELÉTRICA DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COM O INVERSOR E PROTEÇÕES

Ao realizar a conexão dos módulos com o(s) inversor(es) e proteção(ões), os módulos podem gerar eletricidade pela simples exposição ao sol, sendo necessário atentar-se aos riscos:

Quadro 21 – APR Conexão elétrica dos módulos fotovoltaicos com o inversor e proteções

TAREFA:	Conexões elétricas, em altura superior a 2 metros, com o sistema energizado pelas placas fotovoltaicas							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Queda	Falta ou mau uso dos equipamentos de segurança	Morte	3	5	15	- Utilizar EPIs e EPCs adequados -Conferência dos equipamentos utilizados	- Capacete com viseira - Óculos - Bota - Cinto paraquedista - Talabarte “Y” ou - Trava queda - Luva vaqueta - Luva isolante - Protetor solar	-
		Lesões	4	3	12			
Lesões por incidência solar	Exposição em excesso ao sol	Queimaduras	3	2	6	- Pausa para descanso - Reaplicação do protetor solar		
Choque elétrico	- Falta de atenção - Falta de treinamento - Equipamento com defeito	Queda	4	3	12	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados - Treinamento NR-10		
		Queimadura	1	2	2			
Lesões musculares	Ergonomia inadequada para realização de tarefas	Dores musculares	1	1	1	- Atividades Laborais - Pausa para descanso - Informações básica sobre ergonomia e postura de trabalho		
		Problemas posturais	1	1	1			

Fonte: Autor

4.3.14. CONEXÃO ELÉTRICA DO(S) INVERSOR(ES) E PROTEÇÕES COM A REDE ELÉTRICA

Para que o sistema seja devidamente conectado à elétrica local, é necessário interligar o sistema fotovoltaico com a rede e em alguns casos este pode estar energizado, sendo passíveis aos riscos:

Quadro 22 – APR Conexão elétrica do(s) inversor(es) e proteções com a rede elétrica

TAREFA:	Conexões elétricas, em altura superior a 2 metros, com o sistema energizado pelas placas fotovoltaicas							
Riscos	**Causa**	**Conseq.**	**Freq.**	**Sev.**	**Ris.**	**Recomendações**	**EPI**	**EPC**
Choque elétrico	- Falta de atenção - Falta de treinamento - Equipamento com defeito	Queimadura	2	3	6	- Utilizar EPIs e EPCs adequados - Atenção ao serviço - Conferência dos equipamentos utilizados - Treinamento NR-10	- Capacete com viseira - Óculos - Bota - Luva isolante	- Cones de sinalização - Fita zebrada
		Morte	1	5	5			

Fonte: Autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que o cenário brasileiro no setor geração elétrica deverá tomar novos rumos quanto aos meios de produção, tendendo partir para as energias renováveis, sendo o fotovoltaico como um dos principais recursos.

Com toda a mudança política em normas e resoluções, fica claro o interesse do governo em incentivar a geração por meio destas energias, o que fará com que mais pessoas atuem nesta área e, consequentemente mais acidentes poderão ocorrer.

Neste trabalho foram apresentadas as soluções, procedimentos e rotinas para cada atividade, sendo analisados os riscos, causas, consequências, frequência e severidade aos trabalhadores em sistemas fotovoltaicos, sendo necessário para evitar acidentes e até mortes, melhorando as condições de trabalho e contribuindo com a segurança de todos os envolvidos.

Além da segurança, o fator financeiro pesa aos cofres públicos devido as despesas em elevadíssimas quantias com acidentes e afastamentos dos trabalhadores, podendo assim, representar grandes economias ao país.

Por fim, é fundamental seguir todas as normas, analisar as condições locais e climáticas, seguir as análises de riscos apresentada, atestar a saúde e capacidade de cada trabalhador e, sempre, ter o acompanhamento de um responsável capacitado durante toda a instalação, garantindo a segurança e correto procedimento de trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ABRACOPEL. **Número de acidentes com eletricidade em 2014 dão um salto**. 2015. Disponível em: <http://abracopel.org/blog/numero-de-acidentes-com-eletricidade-em-2014-dao-um-salto>. Acesso em: 12 fevereiro 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST**. 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/modulo3_revisao_5.pdf>. Acesso em: 13 fevereiro 2016.

ALTISEG. **Catálogo de produtos.** 2015. Disponível em: <http://www.altiseg.com.br/cci/cci_9.pdf>. Acesso em: 17 fevereiro 2016

ANEEL. **ANEEL amplia possibilidades para micro e minigeração distribuída**. 2015. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8955&id_area=90>. Acesso em: 25 fevereiro 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão,** 2004.

CPNSP. **Segurança em instalações e serviços em eletricidade**. 2005. Disponível em: <www.drsergio.com.br/nr10/ARQV/manuais/Manual%20NR-10.pdf>. Acesso em: 5 fevereiro 2016

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

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A., Superintendência de Recursos Humanos, Departamento de Segurança e Higiene Industrial. **Apostila Curso Básico – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.** Rio de Janeiro, 2006.

GENERAL CABLE. **Energia solar: instalações fotovoltaicas**. 2008. Disponível em: <http://www.generalcable.pt/Inicio/tabid/386/ctl/Details/mid/3175/ItemID/674/Default.aspx>. Acesso em: 13 fevereiro 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Energia solar fotovoltaica cresceu quase 30% no mundo em 2014**. 2015. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/en/web/guest/pagina-inicial/outras-noticas/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/energia-solar-fotovoltaica-cresceu-quase-30-no-mundo-em-2014>. Acesso em: 2 fevereiro 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Resenha energética brasileira**. 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138787/1732840/Resenha+Energ%C3%A9tica+-+Brasil+2015.pdf/4e6b9a34-6b2e-48fa-9ef8-dc7008470bf2>. Acesso em: 2 fevereiro 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 06 – Equipamentos de Proteção Individual. Brasília**, 2011.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**, 2004.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**, 2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO (MTE). **Norma Regulamentadora 35 – Trabalho em Altura**, 2012.

NEOSOLAR. **Cases**. 2014. Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/participe/cases>. Acesso em: 13 fevereiro 2016.

OLIVEIRA, Aloizio Monteiro de. **Curso Básico de Segurança em Eletricidade: Manual de referência da NR 10.** Edição do autor. ed. 1, 2007.

PEREIRA, Enio B.; MARTINS, Fernando R.; ABREU, Samuel L.; RUTHER, Ricardo. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf>. Acesso em: 3 fevereiro 2016.

PEREIRA, Enio B.; MARTINS, Fernando R.; ABREU, Samuel L.; RUTHER, Ricardo. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em:

<http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/brazil_solar_atlas_R1.pdf> Acesso em: 29 fevereiro de 2016.

PORTAL ELETRICISTA. **Disjuntor**. 2015. Disponível em: <http://www.portaleletricista.com.br/disjuntor-termomagnetico>. Acesso em: 3 fevereiro 2016.

PORTAL SOLAR. **Como instalar energia solar**. 2012. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/como-instalar-energia-solar.html>. Acesso em: 12 fevereiro 2016.

PORTAL SOLAR. **Tipos de painel solar fotovoltaico**. 2012. Disponível em: <http://www.portalsolar.com.br/tipos-de-painel-solar-fotovoltaico.html>. Acesso em: 12 fevereiro 2016.

PROTEÇÃO. **Acidentes típicos, de trajeto e óbitos são os que mais preocupam**. 2013. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/materias/anuario_brasileiro_de_p_r_o_t_e_c_a_o_2015/brasil/AJyAAA >. Acesso em: 25 fevereiro 2016.

PROTEÇÃO. **Anuário Brasileiro de Proteção.** Disponível em: <http://www.protecao.com.br/materias/anuario_brasileiro_de_p_r_o_t_e_c_a_o_2015/brasil/AJyAAA>. Acesso em: 12 de fevereiro 2016.

PROTEÇÃO. **Atividade em altura representa 40% dos acidentes de trabalho**. 2013. Disponível em: <http://www.protecao.com.br/noticias/acidentes_do_trabalho/atividade_em_altura_representa_40_dos_acidentes_de_trabalho_/AJjyJajb>. Acesso em: 25 fevereiro 2016.

SIEMENS. **Fusíveis.** 2014. Disponível em: <http://w3.siemens.com.br/buildingtechnologies/br/pt/produtos-baixa-ensaio/protecao-eletrica/fusiveis/pages/fusiveis.aspx>. Acesso em: 5 fevereiro 2016.

SILVA, Domiciano Correa Marques Da**. "Choques Elétricos"**; *Brasil Escola*. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/fisica/choques-eletricos.htm>. Acesso em 12 fevereiro 2016.

SUPEREPI. **Bota de Segurança Marluvas Vulcaflex Bico de Pvc CA 28498**. 2015. Disponível em: <http://www.superepi.com.br/bota-de-seguranca-marluvas-vulcaflex-bico-de-pvc-ca-28498-p503/>. Acesso em: 17 fevereiro 2016

TECMATER. **Capacete MSA VGUARD simples Tecmater**. 2015. Disponível em: <http://www.tecmater.com.br/produtos/capacetes/capacete-msa-vguard-simples-tecmater>. Acesso em: 17 fevereiro 2016.

TRACTEBEL ENERGIA. **Cidade azul (solar)**. 2016. Disponível em: <http://www.tractebelenergia.com.br/wps/portal/internet/parque-gerador/usinas-complementares/solar-cidade-azul>. Acesso em: 5 fevereiro 2016.

TRIBUINAL SUPERIOR DO TRABALHO (TST). **O que é acidente de trabalho?** 2012. Disponível em: <http://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/o-que-e-acidente-de-trabalho>. Acesso em: 5 fevereiro 2016